

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE
EN SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
Filière: Sciences Alimentaires
Spécialité: Nutrition et contrôle des aliments

Thème:

**DETERMINATION DES CONDITIONS NECESSAIRES POUR
L'AMELIORATION D'UNE EAU DE PROCESS
EN VUE D'UNE UTILISATION COMMERCIALE**

Présentée par:

ABDERRAHMANE MEBARKI

Devant le jury composé de :

Mr	SIDALI	RAMDANE	MAA	USDB	Président de jury
Mme	AMEL	DOUMANJI	MCA	USDB	Promoteur
Mme	ZAKIA	ABDELLAOUI	MAB	USDB	Examineur
Mme	AICHA	IDRES	MAB	USDB	Examineur
Melle	FELLA	ALMANSBAA	Attachée de recherche	USDB	Co-promoteur

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2011 - 2012

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier dieu tout puissant, pour m'avoir préservé, donné la santé et guidé vers la connaissance et le savoir.

Au sein de ce travail, je présente mes vifs remerciements à mon promoteur Mme Amel DOUMANDJI pour avoir accepté de diriger ce travail, pour tous aides, services qu'elle ma offerte et pour ses orientations, que sans elle ce travail ne peut pas voir le jour. Ainsi que sa patience, ses précieux conseils et ses efforts.

Je remercie Mr Sidali RAMDANE de me faire l'honneur de présider le jury de soutenance de ma thèse.

Je remercie également Mme Zakia ABDELLAOUI et Mme Aicha IDRES d'avoir acceptés de participer à examiner ce mémoire.

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire et la station de traitement des eaux de l'unité de production de "Fruital Coca Cola" .
Mes remerciements s'adresse à l'ensemble du personnel de l'unité pour leurs aides et moyens qui ont été mis a ma disposition.

Je remercie également monsieur ALILI Dahmane pour son aide précieuse et ses encouragements ainsi monsieur BOUABIDA lakhdar.

Je tiendrais à remercier chaleureusement le chef département et le directeur d'études sans oublier l'ensemble des professeurs et personnel de l'Agronomie qui ont contribué à mon inscription.

A tous ceux qui, à un moment ou à un autre, ont apporté leur contribution, si modeste soit elle à ce travail, j'adresse mes remerciements les plus sincères.

DEDICACE

A ma mère, pour son apport en soin objectif et de conscience érudite,

A mes petites filles, et tous les membres de ma famille,

A mes amis pour leurs encouragements dévoués.

RESUME

L'usine Fruitall Coca Cola de Rouïba est alimentée par une ressource en eaux souterraines à travers trois forages situés dans l'enceinte de l'usine.

L'usine Fruitall Coca Cola est située dans le bassin Côtier Algérois, dont la surface est estimée à environ 12620 km². Ce bassin dispose d'un réseau hydrologique assez dense, Tous les cours d'eau qui le forment se jettent au Nord, dans la Méditerranée. Avec une superficie de 1300 km², l'aquifère de la Mitidja, constitue une des ressources en eau souterraine les plus importantes du bassin Côtier Algérois. L'aquifère de la Mitidja fournit la totalité de l'approvisionnement en eau de l'usine Fruitall c'est la principale ressource utilisée par cet usine.

Pour satisfaire aux différents besoins des services de l'unité "production de fruitall", la station de traitement des eaux a pour principal mission de traiter l'eau brute provenant des ses forages; elle approvisionne les lignes d'embouteillage et la siroperie en eau de process pour la production des boissons embouteillées , alimente les chaudières en eau adoucie à 0°F pour la production de la vapeur, les groupes froid en eau adoucie pour leur cycle de refroidissement , les laveuses bouteilles en eau légèrement adoucie (6°F - 12°F) pour le lavage des bouteilles en verre ainsi les différents autres utilités pour leurs besoins spécifiques en eau .

Cette présente étude est basée sur le principe de la reminéralisation de l'eau de process et l'identification des principales anomalies relevées au niveau de cette eau puis proposer les facteurs correspondants pour la correction de ces anomalies relevées afin de le rendre potable. L'étude réalisée ma permis d'aboutir aux résultats suivants:

- L'eau de process à son état actuel est déconseillée à boire régulièrement car il ne satisfait pas aux normes de potabilité (décret exécutif N°04-196 du 15 juillet 2004), tandis que l'eau brute souterraine satisfait bien les normes et les critères de potabilité.
- Le mixage de l'eau de process avec l'eau traitée par filtre à charbon et un bon moyen de reminéralisation du point de vu équilibrage, stabilité et solubilité des sels minéraux.
- Le choix du rapport ($V_{ET}/V_{permeat} = 0,09$) qui nous donne la quantité d'eau de la reminéralisation est parfaitement adapté aux conditions de rentabilité et d'efficacité de la station de traitement des eaux.
- Le choix d'introduction de la chaux comme moyen de correction des anomalies relevées au niveau de l'eau de process est un bon choix du point de vu économique et efficacité de traitement satisfaisant nos objectifs.
- La concentration de chaux nécessaire pour correction du pH est d'ordre 10 mg/L.
- La maitrise de la correction du pH de l'eau produite est réalisable grâce à l'augmentation ou la diminution de la concentration de la chaux injectée.
- Le passage de ces résultats à l'échelle industrielle est bien possible.

Mots clés: Fruitall Coca Cola, la reminéralisations, l'eau de process, anomalies, corrections.

SUMMARY

Rouiba's Coca Cola Fruitall plant is supplied by groundwater resources from three boreholes that are located within the plant.

The Fruitall Coca Cola plant is located in Algier's Coastal Basin, whose surface area is estimated at 12620 km². This basin has a dense hydrological network. All streams within the watershed flow in the northern direction, into the Mediterranean. With an area of 1300 km², the Mitidja aquifer is one of the most important groundwater resources of Algier's Coastal Basin. The Mitidja aquifer provides the entire Fruitall Coca Cola plant water it's the main resources used by this plant.

The station water treatment plant Fruitall Coca Cola's main goal of treating raw water from its wells, to satisfy different services needs of the unit production, it supplies the bottling lines and the syrup room by process water for the production of bottled beverages, feeds the boilers by softened water at 0 ° F to produce steam, supplies the cooling system by softened water for their cooling cycle, feeds the washer bottles by water slightly softened (6 ° F - 12 ° F) for washing glass bottles and various other utilities for their specific water needs.

This study is based on the principle of water remineralization process and identification of major anomalies in this water and then offers the relevant factor for the correction of these anomalies to make it drinkable. The study allowed me to achieve the following results:

- That the process water to its present state is not recommended to drink regularly because it does not satisfy drinking water standards (JORA), while the raw water underground has satisfied the standards and criteria of drinkability .
- The mixing process water with water treated by carbon filter is a good way to remineralization in point of view, stability and solubility of minerals.
- The choice of the ratio ($T_{EV} / V_{permeat} = 0,09$) gives us the amount of water of the remineralization is perfectly adapted to the conditions of profitability and efficiency of water treatment station.
- Choosing the introduction of lime as a means of correcting deficiencies identified in the process water is a good choice from the point of view of economic efficiency and satisfactory treatment goals.
- The concentration of lime required for pH correction is in order of 10 mg / L.
- That the mastery of the correction of the pH of the water produced is achievable by increasing or decreasing the concentration of lime injected.
- That the passage of these results on an industrial scale is possible.

Keywords: Fruitall Coca Cola, the remineralization, process water, anomalies, corrections.

الملخص

يتم تزويد شركة "فرويتال كوكا كولا" الروبية بالمياه بواسطة الموارد الجوفية للمياه من خلال ثلاثة آبار تقع في داخل المصنع.

ويقع مصنع "فرويتال كوكا كولا" في حوض المياه الساحلية للجزائر العاصمة التي تقدر مساحته بنحو 12620 كم². هذا الحوض لديه شبكة كثيفة هيدرولوجية، وجميع الممرات المائية التي تشكله تتجه نحو الشمال الى منطقة البحر الأبيض المتوسط. بمساحة 1300 كم²، وتمثل طبقة المياه الجوفية لسهل متيجة أحد أهم الأحواض للحوض الساحلي للجزائر العاصمة وتشكل المياه الجوفية لسهل متيجة المصدر الرئيسي لمعظم المياه التي تزود شركة "فرويتال كوكا كولا" الروبية.

إن الهدف الرئيسي لمحطة معالجة المياه لشركة "فرويتال كوكا كولا" هو معالجة المياه الخامّة النابعة من الآبار، وذلك لتلبية إحتياجات مختلف مصالحي وحدة الإنتاج، فهي تمدّ خطوط التعبئة و غرفة الشراب بالماء لعملية إنتاج العصائر والمشروبات المعبأة في زجاجات، تغذي مراحل إنتاج البخار، و المبرّدات بالمياه لدورة التبريد الخاصّة بهم، و تغذي غسالة القارورات الزجاجية بالماء لغسل الزجاجات وغيرها من المرافق المختلفة لتلبية إحتياجاتهم المائية المحددة.

وتعتمد هذه الدراسة على مبدأ عملية إعادة الأملاح المعدنية للمياه وتحديد النقاط السلبية في مياه العمليات ومن ثمّ تقديم الحلول لتصحيح هذه الأوضاع و لجعل هذه المياه صالحة للشرب. وسمحت لي هذه الدراسة تحقيق النتائج التالية:

- لا ينصح بشرب ماء العمليات بانتظام في حالته الراهنة لأنه لا يفي بمعايير مياه الشروب (جريدة الرسمية)، في حين أن المياه الجوفية الخامّة قد استوفت المعايير والمقاييس لمياه الشروب.
- إنّ عملية خلط ماء العمليات مع المياه المعالجة بمصفاة الكربون وسيلة جيدة للتوازن و إعادة الاملاح المعدنية من حيث الاستقرار والذوبان.
- إنّ اختيار نسبة ($V_{ET} / V_{permeat} = 0,09$) يعطينا كمية من المياه اللّازمة لإعادة الأملاح المعدنية لتكييفها تماما مع شروط المرودية والكفاءة لمحطة معالجة المياه.
- إنّ اختيار الجير كوسيلة لتصحيح جوانب القصور التي تمّ تحديدها في ماء العمليات هو اختيار جيّد من وجهة النظر الإقتصادية و كفاءة وأهداف المعالجة.
- إنّ تركيز الكلس اللّازمة لتصحيح الحموضة يقدر ب 10 ملغ / لتر.
- من الممكن التحكم في تصحيح حموضة المياه المنتجة من خلال زيادة أو تقليل تركيز الجير المحقّن.
- مرور هذه النتائج على نطاق صناعي هو ممكن.

كلمات المفتاح: فرويتال كوكا كولا، إعادة الأملاح المعدنية، مياه العمليات، تعيين النقاط السلبية، التصحيحات.

S O M M A I R E

	Page
INTRODUCTION	01
PARTIE I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	03
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX.....	04
I.1. Les eaux de la nature.....	05
I.2. Les différents types des eaux brutes.....	05
I.3. Classification des eaux selon la salinité.....	06
I.4. Classification des eaux selon la dureté.....	07
I.5. La composition chimique d'une eau.....	07
I.6. Classification des eaux minérales selon la salinité.....	08
I.7. Classification des eaux minérales selon la composition chimique	08
I.8. Vocabulaire de l'eau.....	09
I.9. Caractéristiques organoleptiques d'une eau	10
I.10. Caractéristiques physico-chimiques d'une eau	10
I.11. Caractéristiques chimiques d'une eau	12
I.12. Contrôle de la désinfection.....	15
CHAPITRE II : L'IMPORTANCE DE L'EAU	17
II.1. La composition de notre corps en eau et son rôle	18
II.2. L'équilibre essentiel de la balance hydrique	18
II.3. Les risques de la déshydratation.....	18
II.4. L'eau et nos reins	19
II.5. L'importance du pH.....	20
II.6. Les bienfaits des eaux minérales sur la santé	20
II.7. Les bienfaits de l'eau gazeuse	22
II.8. L'action digestive des eaux gazeuses bicarbonatées.....	22
II.9. Minéralité et santé	23
II.10. Le rôle des minéraux de l'eau minérale.....	23
II.11. Les risques sanitaires liés à une consommation d'eau de mauvaise qualité.....	26
CHAPITRE III : LES EAUX EMBOUTEILLEES.....	28
III.1. Histoire de l'eau embouteillée a travers le monde	29
III.2. Principaux types d'eaux conditionnées en bouteilles	29
III.3. Statistiques et l'évolution du marché d'eau embouteillée dans le monde.....	32
III.4. Principaux traitements effectués sur les eaux dans l'industrie embouteillage.	33
III.5. Description des principales étapes de traitement des eaux appliquées par "Fruital".....	35
III.6. Description des différentes étapes appliquées dans les procédés d'embouteillage de l'usine "Fruital"	37
III.7. Le principe des principales lignes d'embouteillage de l'usine " Fruital "	40
PARTIE II : EXPREMENTATION ET RESULTATS	43
CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES.....	44
I.1. Histoire de Fruital.....	45
I.2. Description de l'unité de production Fruital Coca-Cola)....	45
I.3. Description du site (Fruital Coca-Cola).....	46
I.4. Méthode de captage	46
I.5. Description de la source d'approvisionnement en eau	46
I.6. Description de la station de traitement d'eau.....	47
I.7. Description du procédé de traitement d'eau de "Fruital".....	48
I.8. Les principales opérations de maintenance physico-chimiques appliquées par la station.....	48
I.9. Description de l'état des besoins et la capacité en débit d'eau de la station de	

	traitement des eaux.....	49
I.10.	Calcul des besoins en débit d'eau pour la reminéralisation	50
I.11.	Echantillonnage.....	50
I.12.	Conditions de prélèvements	51
I.13.	Techniques de prélèvement.....	51
I.14.	Matériels.....	51
I.15.	Méthodes d'analyse physico-chimique	51
I.16.	Méthode de détermination des conditions nécessaires d'amélioration de l'eau de process.....	57
	CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....	59
II.1.	Analyse physico-chimiques.....	59
II.2.	Expérience de détermination des conditions nécessaires d'amélioration de l'eau de process.....	62
	CONCLUSION GENERALE.....	75
	Références bibliographiques	
	Tables de matières	
	Annexe	

LISTE DES ABREVIATIONS

Cond: Conductivité
CS: Cuve de stockage
DPD: N, N- Diéthylphénylène-1,4 diamine
EB: Eau brute
EDTA: Sel di sodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique
E-Traitée: Eau traitée par filtre à charbon actif
ET: Eau traitée par filtre à charbon actif
Eq-gr: Equivalent gramme
°F: Degré français
FS: Filtre à sable
FC: Filtre à charbon actif
FR :Filtre à résine
mEq: Milliéquivalent
mg/L pt: Echelle colorimétrique au platino-cobalt
MES : Matières en suspension
N: Normalité
NET: (Noir eriochrome) 0.4%+(Alcool 96°)
NTU: Nephelometric turbidity unit
Permeat: L'eau osmosée le filtrat de l'osmose inverse
PET : Polyéthylène téréphtalate
ppm: Concentration en partie par million
Q: Débit d'eau en m³/h
RO: Reverse osmose
TDS: Total dissolved solids
TH: Titre hydrométrique
TA: Titre alcalimétrique simple
TAC: Titre alcalimétrique complet
V_{Perméat}: Volume en eau osmosée
V_p: Volume en eau osmosée
V_{total}: Volume totale du mélange (eau traitée+eau osmosée)
V_T :Volume totale du mélange (eau traitée+eau osmosée)
V_{ET}: Volume en eau traitée par filtre a charbon
UV : Filtre à rayonnement ultra-violet

SOMMAIRE DES FIGURES

	Page
Figure 01: Les diamètres des particules en suspension.....	11
Figure 02: Le diagramme des équilibres carboniques en fonction du pH.....	13
Figure 03: Relation entre les divers ions présents dans l'eau.....	14
Figure 04: Courbe de « break point » d'une eau naturelle.....	16
Figure 05: Consommation d'eau en bouteille en litres par personne en 1999.....	32
Figure 06: Augmentation de la consommation de 1999-2001 pour eau embouteillée.....	33
Figure 07: Consommation des eaux conditionnées en Algérie.....	33
Figure 08: La migration d'eau dans l'osmose et osmose inverse.....	35
Figure 09: Principe de fonctionnement de l'osmose inverse.....	37
Figure 10: Localisation des UV-C dans le spectre électromagnétique.....	37
Figure 11: Schéma de circuit bouteille PET.....	40
Figure 12: Schéma de circuit bouteille Verre.....	40
Figure 13.a: Organigramme de description Fonctionnement ligne PET.....	41
Figure 13.b: Organigramme de description Fonctionnement ligne Verre.....	42
Figure 14: Plan de l'Usine Fruital Coca Cola Rouiba.....	45
Figure 15: Plan de situation de l'Usine Fruital Coca Cola Rouiba.....	46
Figure 16: Plan Schéma de la station traitement des eaux "Fruital".....	47
Figure 17: Schéma de l'organigramme descriptive du procédé de traitement d'eau de "Fruital".....	48
Figure 18: Carte géologique de la Mitidja	annexe I
Figure 19: Filtre à sable type filtre sous pression.....	annexe I
Figure 20: Filtre à charbon type Filtre sous pression	annexe I
Figure 21: Granulométrie du filtre à sable, du filtre à charbon et du filtre à résine	annexe I
Figure 22: Schéma de l'organigramme proposé pour reminéraliser l'eau de process.....	78
Figure 23: pH mètre, Denver Instrument.....	annexe VI
Figure 24: Turbidimètre portatif HACH 2100 P.....	annexe VI
Figure 25: Conductimètre; Cyber Scan CON 110.....	annexe VI
Figure 26: Mesure du chlore libre et total.....	annexe VI
Figure 27: Mesure du fer	annexe VI
Figure 28: Photomètre filtre PF-11.....	annexe VI
Figure 29: Modalité d'analyse des chlorures	annexe VI
Figure 30: Modalité d'analyse des phosphates	annexe VI
Figure 31: Modalité d'analyse des nitrites.....	annexe VI
Figure 32: Modalité d'analyse des nitrates.....	annexe VI
Figure 33: Modalité d'analyse des sulfates.....	annexe VI
Figure 34: Bulletin analyse N°01: Eau de Forage 1	annexe II
Figure 35: Bulletin analyse N°02: Eau de Forage 2	annexe II
Figure 36: Bulletin analyse N°03: Eau Osmosée.....	annexe II
Figure 37: Bulletin analyse N°04: Eau Osmosée.....	annexe II
Figure 38: Evolution de la conductivité dans le mélange (expérience 01).....	62
Figure 39: Evolution des Sels dissous dans le mélange (expérience 01).....	62
Figure 40: Evolution du pH dans du mélange (expérience 01).....	63
Figure 41: Evolution de la dureté dans le mélange (expérience 01).....	63
Figure 42: Evolution de l'alcalinité totale dans le mélange (expérience01).....	63
Figure 43: Influence du rapport ($V_{ET}/V_{Permeat}$) sur le pH (expérience 01).....	63
Figure 44: Evolution de la conductivité dans le mélange (expérience 02).....	64
Figure 45: Evolution de TDS dans le mélange (expérience 02).....	64
Figure 46: Evolution du pH dans le mélange (expérience 02).....	65
Figure 47: Evolution de la dureté dans le mélange (expérience 02).....	65

Figure 48: Evolution de l'alcalinité totale dans le mélange (expérience 02).....	65
Figure 49: Influence du rapport ($V_{ET}/V_{Permeat}$) sur le pH (expérience 02).....	65
Figure 50: Influence de la chaux sur l'eau déminéralisée	68
Figure 51: Influence de la chaux sur l'eau minéralisée	69
Figure 52: Influence de la chaux sur le pH Mélange (expérience 01).....	70
Figure 53: Influence de la chaux sur le pH Mélange (expérience 02).....	71
Figure 54: Influence de la masse sur le pH (expérience 01)	72
Figure 55: Influence de la masse sur conductivité (expérience 01).....	72
Figure 56: Influence de la masse sur TDS (expérience 01).....	72
Figure 57: Influence de la masse sur le pH (expérience 02).....	73
Figure 58: Influence de la masse sur la conductivité (expérience 02).....	73
Figure 59: Influence de la masse sur TDS (expérience 02).....	73
Figure 60: Schéma de l'osmoseur N°01, 02 et 03.....	annexe I
Figure 61: Schéma de l'osmoseur N°04 et 05.....	annexe I
Figure 62: Schéma de l'osmoseur N°06.....	annexe I

SOMMAIRE DES TABLEAUX

	Page
Tableau N°01: La répartition des eaux dans le globe	05
Tableau N°02: Classification des eaux selon la salinité.....	07
Tableau N°03: Calcul de TA et TAC.....	14
Tableau N°04: Composition minérale de quelques eaux en bouteille.....	annexe II
Tableau N°05: Etat des besoins en débit d'eau.....	49
Tableau N°06: L'état de capacité de production en débit d'eau de process.....	50
Tableau N°07: Calcul débit de reminéralisation dans le cas de besoin maximal.....	50
Tableau N°08: Résumé du calcul des moyennes et des écarts types des paramètres physico-chimique de l'eau dans les étapes du procédé..	59
Tableau n°09 : Propriétés physico-chimique de l'eau dans les étapes du procédé....	60
Tableau N°10: Choix du correcteur pH.....	67
Tableau N°11: Analyse physico-chimique de l'eau brute.....	annexe III
Tableau N°12: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a sable).....	annexe III
Tableau N°13: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a charbon).....	annexe III
Tableau N°14: Analyse physico-chimique de l'eau osmosée (process).....	annexe III
Tableau N°15: Vérification et contrôle bulletin N°01 Analyse eau de Forage 01.....	annexe III
Tableau N°16: Vérification et contrôle bulletin N°02 Analyse eau de Forage 02.....	annexe III
Tableau N°17: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 01).....	annexe III
Tableau N°18: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 02).....	annexe III
Tableau N°19: Effet de la chaux sur une eau déminéralisée (eau Osmosée).....	annexe III
Tableau N°20: Effet de la chaux sur une eau minéralisée (eau Traitée).....	annexe III
Tableau N°21: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience 01).....	annexe III
Tableau N°22: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience02).....	annexe III
Tableau N°23: Influence de la masse (expérience 01).....	annexe III
Tableau N°24: Influence de la masse (expérience 02).....	annexe III
Tableau N°25: Caractéristiques de qualité des eaux de source ; décret n° 04-196....	annexe II
Tableau N°26: Qualité des eaux superficielles et; décret exécutif n°11-219	annexe II

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est essentielle à la vie. Elle représente environ 60 % du poids corporel d'un adulte et environ 75 % de celui d'un nouveau-né. En moyenne, une perte de 12 % de la teneur en eau de notre corps (approximativement 5 litres) peut provoquer de graves maladies. A première vue, l'eau semble être une ressource abondante sur notre planète bleue, cependant, 97,5 % du volume mondial d'eau se présentent sous la forme d'eau salée dans nos mers et océans. Sur les 2,5 % restants, constitués d'eau douce, 70 % sont gelés sous forme d'icebergs et de glaciers. Finalement, l'eau douce disponible pour les besoins de l'homme et de l'environnement représente à peine 1% de la masse totale d'eau de la planète. (Letmathe, 2003).

L'augmentation de la population mondiale – approximativement deux milliards de personnes au cours des 30 dernières années – a fortement réduit la disponibilité des ressources en eau par habitant. Alors que les besoins en eau ne cessent d'augmenter, l'eau accessible reste très irrégulièrement répartie : 23 des 190 pays de la planète disposent de 66 % des ressources.

Les conséquences de l'activité humaine doivent également être prises en compte. La pollution, qu'elle soit d'origine urbaine, industrielle ou agricole, a un impact durable sur la quantité et la qualité de l'eau douce. En ce début de XXI^e siècle, l'eau n'a jamais été aussi précieuse et rare. Cependant, contrairement aux ressources minières et aux hydrocarbures, l'eau est une ressource renouvelable, peu susceptible d'être épuisée par les activités humaines. D'une année à l'autre, la moyenne des pluies tombant sur la terre suffit à couvrir la totalité des besoins. Mais, dans un grand nombre de régions du monde, l'écart entre les pluies et les besoins engendre une forte pénurie d'eau. Afin d'assurer sa viabilité à long terme, cette merveilleuse ressource naturelle doit être protégée et gérée par toutes les personnes concernées (Letmathe, 2003).

L'histoire de l'eau embouteillée, commence avec celle des eaux minérales, déjà connues du temps des Celtes et des Gaulois pour leurs vertus thérapeutiques et transportées à travers l'empire européen dans des amphores (vase ancien à deux anses, haut et à col étroit). Tout au long du XVI^e jusqu'au XVIII^e siècle, les porteurs d'eau se multiplient et approvisionnent l'élite en lui livrant l'eau dans des jarres en terre cuite, lui permettant ainsi de poursuivre sa cure thermale à domicile. Pour les moins riches, le filtre domestique au sable et gravier ou au charbon demeure plus accessible pour bénéficier d'une meilleure eau. (Auby, 1994)

Son utilisation fut très répandue dans la seconde moitié du XIX^e siècle à Paris. Parallèlement, des épidémies dévastatrices de typhoïde et de choléra, causées par la contamination des puits, amenèrent plusieurs citoyens à se tourner vers l'eau minérale embouteillée, d'autant plus que le très respecté Pasteur avait affirmé: "Nous buvons 90% de nos maladies." Vers 1900, grâce aux progrès de la microbiologie, la purification de l'eau par l'ozone mit fin à l'utilisation des filtres de même qu'au métier de porteur d'eau, en Europe. Les porteurs d'eau existent toujours en Afrique. Il faudra cependant attendre la fin de la Seconde guerre mondiale pour que l'eau

minérale se débarrasse de son image de "remède". L'explosion de la consommation d'eau embouteillée principalement en Europe se fait immédiatement après la deuxième guerre mondiale. Suite à d'intenses bombardements, les canalisations et aqueducs furent mis à dure épreuve, il fallait donc livrer l'eau dans des contenants.

En général, l'augmentation de la consommation d'eau embouteillée est intimement liée au développement rapide de la société occidentale, à l'urbanisation, à la dégradation de l'environnement, au progrès technique et à l'élévation du niveau de vie (Auby, 1994)

L'eau de process constitue la majeure partie de la composition des produits fabriqués est embouteillés par l'unité de production, "Fruital Coca Cola" elle entre dans la production des boissons gazeuses, boissons énergétiques et des jus. La composition physico-chimique actuelle de l'eau de process répond bien aux normes appliquées par l'unité de production pour la fabrication des différents produits embouteillés.

Dans le cadres des nouvelles perspectives de "Fruital Coca Cola" afin de produire de nouveaux produits concernant la gamme des eaux embouteillées vient notre étude de faire une recherche sur l'établissement des conditions préalables nécessaires pour améliorer l'eau de process en vu de le commercialisée en bouteille que ce soit sous forme d'une eau de table ou d'une eau gazéifiée ou autres formes commerciales tel que la production des eaux aromatisées par exemple .

Cette étude consiste à :

- La reconnaissance de l'unité de production "Fruital" par description de son site, sa méthode de captage et sa source d'approvisionnement en eau.
- La description de la station de traitement des eaux de "fruital" du point de vu équipements, procédé de traitement et principaux opérations de maintenance physico-chimique appliqués.
- La description de l'état des besoins et capacité en débit de la station des eaux
- Calcul des besoins en débit d'eau pour la reminéralisation.
- Analyse physico-chimique de l'eau dans ces différentes étapes.
- Analyse des paramètres chimiques indésirables.
- Identification des anomalies relevées au niveau de l'eau de process
- Détermination des conditions nécessaires d'amélioration de l'eau de process
- Faire des recommandations et propositions pour adapter le procédé de traitement aux objectifs de notre étude.

Notre étude est subdivisée en deux grandes parties: La première est la partie bibliographique elle concerne le chapitre I qui présente des généralités sur les eaux, le chapitre II présente l'importance de l'eau vis-à-vis notre corps, notre santé et ces bienfaits, le chapitre III présente l'évolution de l'industrie des eaux embouteillées et les principaux traitements et procédés appliqués par cette industrie pour l'embouteillage des eaux. La deuxième partie est la partie expérimentale, laquelle on a présenté les principaux matériels et méthodes utilisés au cours de ce travail et on a exposé le résumé des résultats obtenus, leurs traitements, leurs interprétations ainsi les discussions enfin on a clôturé cette étude par une conclusion et recommandation.

PARTIE I

DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES EAUX

I. GENERALITES SUR LES EAUX

I.1. LES EAUX DE LA NATURE

Excellent solvant, l'eau est capable de dissoudre un grand nombre de composés solides ou gazeux. Au cours de son périple, qu'elle tombe en pluie, ruisselle sur les sols, s'infiltré dans la croûte terrestre, ou simplement coule le long des pentes, elle se charge en éléments solubles. Elle contient donc naturellement, en l'absence de toute ingérence humaine, une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, et des micro-organismes (bactéries, virus ou plancton). Elle draine aussi avec elle quantité de particules en suspension comme de fines particules d'argile, des limons et des déchets végétaux.

Pour l'essentiel, ces substances proviennent des poussières atmosphériques emportées par la pluie, de l'altération des roches, du lessivage des sols et de la décomposition des espèces aquatiques, animales ou végétales. La composition chimique des eaux naturelles est donc très variable d'un réservoir à l'autre et dans le temps. Mais les eaux naturelles contiennent aussi, et de plus en plus, des substances dont la présence est due aux rejets d'eaux usées domestiques et d'effluents industriels, aux épandages d'engrais et de pesticides et aux déjections animales des élevages. Il n'existe donc pas une mais des eaux. (Anonyme, 2012)

Il ya actuellement, pour l'ensemble de la planète, suffisamment d'eau pour satisfaire à toutes les utilisations. Toutefois, cette eau n'est pas répartie selon les besoins de chaque région: ainsi, certaines régions sont affectées de pénuries chronique (désert), alors que d'autre affichent des surplus. Les eaux sont réparties sur le globe de la façon présentée au tableau suivant:

Tableau N°01: La répartition des eaux dans le globe (Desjardins, 1990).

Provenance de l'eau	Quantité(%)
Eau duce de lacs	0,0090
Eau de rivières	0,0001
Eau souterraine (près de la surface)	0,0050
Eau souterraine (en profondeur)	0,6100
Eau dans les glaciers et les calottes glaciaires	2,1500
Eau salée de lacs ou de mers intérieures	0,0080
Eau dans l'atmosphère	0,0001
Eau des océans	97,200

On constate rapidement que 99,3% de l'eau sur la terre est soit trop salée (océans), soit dans des régions inaccessibles (calottes glaciaires). De plus, le reste de l'eau est réparti inégalement sur le globe. Il faut dans certaine région, envisager de réutiliser les eaux d'égout, de traiter les eaux saumâtres ou de traiter les eaux de mer (Desjardins, 1990).

I.2. LES DIFFERENTS TYPES DES EAUX BRUTES

On retrouve quatre sources principales d'eau brutes: les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium: elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques (Desjardins, 1990).

Les eaux de surface

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée (Desjardins, 1990).

Eaux de rivière (partie amont)

Ses principales caractéristiques sont: a) Turbidité élevée, b) Contamination bactérienne faible, c) Température froide, d) Indice couleur faible.

Eaux de rivière (partie aval)

Les principales caractéristiques de ces eaux sont :a) Contamination bactérienne élevée, b) Contamination organique et inorganique élevée, c) Indice de couleur pouvant être élevé.

Signalons que le débit et la quantité des eaux de rivière (amont et aval) peuvent varier en peut de temps (Desjardins, 1990).

Les eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année (Desjardins, 1990).

Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

a) Turbidité faible, b) Contamination bactérienne faible, c) Température constante, d) Indice de couleur faible, e) Débit constant, f) Dureté souvent élevée, g) Concentration élevée de fer et de manganèse (Desjardins, 1990).

Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'ya pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous: c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/L (Desjardins, 1990).

I.3. CLASSIFICATION DES EAUX SELON LA SALINITE

Lorsqu'on classe les eaux en fonction des quantités de matières dissoutes qu'elles contiennent, on obtient les données présentées au tableau ci-dessous.

Les eaux saumâtre, qui proviennent habituellement des nappes d'eau souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes.

Tableau N°02 : Classification des eaux selon la salinité (Desjardins, 1990)

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	< 500
Eau légèrement saumâtre	1000 - 5000
Eau modérément saumâtre	5000 - 15000
Eau très saumâtre	15000 - 35000
Eau de mer	35000 - 42000
Saumure	40000 - 300000

I.4. CLASSIFICATION DES EAUX SELON LA DURETE

Une eau dure est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, comme les sels de calcium (le carbonate de calcium ou calcaire par exemple) et de magnésium. À l'inverse, une eau douce est une eau qui en contient peu.

Il n'y a aucun danger à boire une eau dure lorsqu'on est en bonne santé. Contrairement à ce qui est souvent affirmé, la présence d'ions calcium dans l'eau aurait même tendance à diminuer le risque de formation de calculs rénaux (Anonyme, 2012).

I.5. LA COMPOSITION CHIMIQUE D'UNE EAU

L'eau contient des gaz dissous essentiellement de l'oxygène et du gaz carbonique mais aussi de l'azote ou encore du méthane. Tous n'ont pas la même solubilité dans l'eau et celle-ci décroît quand la température augmente. Elle contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension, des substances minérales et organiques. Si les substances minérales sont limitées à une centaine de composés, les substances organiques sont innombrables et leur identification individuelle très difficile (CNRS, 2012).

Toutes les eaux contiennent trois éléments de base : les bicarbonates, les sulfates et les chlorures. Les bicarbonates proviennent de la dissolution des roches calcaires ou d'émanations du magma profond. Les sulfates sont issus du lessivage de gisements salifères (gypse) d'âge secondaire ou tertiaire. Les chlorures sont abondants dans les dépôts d'évaporites, le plus connu étant le chlorure de sodium (sel de cuisine).

Ces trois éléments de base sont associés avec du calcium, du magnésium et du sodium et du potassium.

Mais il existe un grand nombre d'éléments mineurs qui font la particularité de chaque eau: Brome, Iode, Fluor, Lithium, Strontium, Baryum, Silicium... et des éléments sous forme de traces (oligo-éléments): Fer, Manganèse, Cuivre, Vanadium, Arsenic, Molybdène, Sélénium, ainsi que des éléments radioactifs.

Tous ces éléments secondaires jouent un rôle capital dans le cycle des réactions biochimiques de l'organisme humain (Engalenc, 2012).

I.5.1. Les matières minérales

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca^{++}), le magnésium (Mg^+), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{--}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{--}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du

lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches bassin versant.

L'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou nutriments, que sont l'azote (contenu dans l'ammoniac, les nitrites et les nitrates), le phosphore (contenu dans les phosphates) et la silice, mais aussi le fer et le manganèse.

D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc.) (Anonyme, 2012).

I.5.2. Les matières organiques

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton...). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine (CNRS, 2012).

I.6. CLASSIFICATION DES EAUX MINERALES SELON LA SALINITE

Toutes les eaux ne sont pas équivalentes. On distingue trois groupes d'eaux, classifiés en pesant le résidu sec après évaporation.

- **Les eaux faiblement minéralisées** ont un résidu sec qui doit être inférieur à 500 ppm pour le Canada et l'Europe. et inférieur à 250 ppm pour l'USA
- **Les eaux moyennement minéralisées** ont un résidu sec qui doit être entre 500 et 1500 ppm pour le Canada et l'Europe et supérieur à 250 ppm pour l'USA
- **Les eaux fortement minéralisées** ont un résidu sec qui doit > à 1500 ppm.
- **Les eaux purifiées** ont un résidu sec qui doit être inférieur à 10 ppm (ecosynthese, 2008-2009) (Lauzanne, 2012)

I.7. CLASSIFICATION DES EAUX MINERALES SELON LA COMPOSITION CHIMIQUE

Nous proposons une classification simplifiée qui résume les grandes catégories d'eaux minérales (Engalenc, 2012).

- **Les eaux Oglio-minérales**

Ce sont des eaux à très faible minéralisation caractérisées par un élément spécifique. Ces eaux sont utilisées pour les biberons, pour les régimes sans sel et comme détoxiquant (Engalenc, 2012).

- **Les eaux faiblement minéralisées**

Ce sont souvent les eaux Oglio-minérales qui ont une teneur en sels minéraux inférieure à 500 mg/L généralement du type bicarbonaté calcique, *leur rôle essentiel est d'éliminer les toxines de l'organisme*. Elles ne représentent pas de contre-indication (Engalenc, 2012).

- **Les eaux minérales bicarbonatées sodiques et calcosodiques**

Ce sont les eaux qui ont la teneur en bicarbonates supérieure à 600 mg/L et leur minéralisation totale est élevée. On dit que ces eaux sont sodiques si la teneur en sodium est supérieure à 200 mg/L. Elles conviennent pour réduire les affections de l'appareil digestif, les troubles hépatiques et des voies biliaires. En raison de la forte teneur en sodium, elles sont déconseillées en cas de régime sans sel, ainsi qu'aux sujets hypertendus (Engalenc, 2012).

- **Les eaux minérales sulfatées calciques,**

Ce sont les eaux dont la teneur en sulfates est supérieure à 200 mg/L. Elles sont utilisées pour leur action diurétique, dans le traitement des maladies des voies digestives, des affections intestinales et hépatiques (Engalenc, 2012).

- **Les eaux minérales chlorurées**

Une eau est qualifiée chlorurée si la teneur en chlorures est supérieure à 200 mg/l. Cette qualification s'applique à des eaux déjà citées comme bicarbonatées sodiques. Leur teneur en sels totaux est très élevée.

Les eaux Chlorurées sodiques sont prescrites en cure dans les affections de l'appareil respiratoire (Engalenc, 2012).

- **Les eaux minérales sulfurées**

Elles sont riches en soufre et prescrites en cure seulement. Le soufre joue un rôle important dans les processus de digestion et de détoxication (Engalenc, 2012).

- **Les eaux minérales gazeuses**

Elles sont appelées carbogazeuses en raison de la présence de gaz carbonique. *Les eaux pétillantes* apportent une sensation de fraîcheur, une note de gaieté ou de festivité, elles libèrent les arômes de certaines boissons. L'eau qui pique, qui fait des bulles est souvent trop riche en sels minéraux et en sodium ; elle est déconseillée pour les jeunes enfants, surtout les nourrissons sujets à l'aérophagie et dont les reins sont immatures (Engalenc, 2012).

1.8. VOCABULAIRE DE L'EAU

Pour traiter l'eau, on a besoin de la connaître et donc de pouvoir la caractériser le plus précisément possible. Dans le vocabulaire du traiteur d'eau Les paramètres répertoriés ci-dessous sont les plus courants

- **Équivalent-gramme**

Il est le quotient de la masse molaire d'un corps par le nombre de charge de même signe portées par les ions que libère en solution aqueuse une molécule de ce corps

Exemple:



donc : $1 \text{ Eq-gr H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow (\text{Masse d'une mole H}_3\text{PO}_4)/3$

- **Milliéquivalent par litre (mEq / L)**

$$1 \text{ mEq / L} = 10^{-3} \text{ Eq-gr / l} = 10^{-3} \text{ N} = \text{N}/1000$$

- **Normalité et molarité** $01 \text{ N} = 1 \text{ Eq-gr / L}$

On a d'une manière générale : $N_1V_1 = N_2V_2$

on a pour une solution 1N de (NaOH) $\longrightarrow 1 \text{ mol / L} = 40 \text{ g/L}$

on a pour une solution 1N de (H₂SO₄) $\longrightarrow 0,5 \text{ mol / L} = 48 \text{ g/L}$

et pour 1 mole/L de (H₂SO₄) $\longrightarrow 02 \text{ Eq-gr / L} = 02 \text{ N}$

- **Degré français**

Par définition, le degré français correspond à une concentration égale à 1/5 de milliéquivalents par litre : $1^\circ \text{ F} = (\text{N} / 5000) = (10^{-3} / 5) \text{ N} = (1/5) \text{ meq / L}$
 $= (\text{masse molaire} / 5000 * \text{nombre charge}) \text{ gr/L}$ Soit : $1 \text{ mEq/L} = 5^\circ \text{ F}$

Exemple: si on a la concentration de Ca en solution est de 25°F donc on a :
 $25^\circ \text{ F} = 25/5 \text{ mEq/L} = 5 \text{ mEq/L} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Eq-gr/L} = (5 \cdot 40)/(2 \cdot 100) = 0.1 \text{ gr/L}$
(DEGREMONT, 1978)

I.9. CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES D'UNE EAU

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement: certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.).

- **Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

D'un point de vue pratique, une coloration de 5 unités (échelle colorimétrique au platino-cobalt) étant déjà décelée par beaucoup d'utilisateurs, cette valeur ne devrait pas être dépassée pour des raisons esthétiques.

L'OMS et la réglementation française (en tant que référence de qualité) indiquent 15 unités (15 mg/L Pt) (RODIER et al, 2009).

- **Odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler.

Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation et celle-ci a donc un caractère personnel ; cette subjectivité ne peut être compensée que par la rigueur des essais et le nombre des expérimentateurs. (RODIER et al, 2009)

- **Goût, saveur, flaveur**

L'appréciation de la saveur complète utilement l'épreuve d'olfaction, elle ne la remplace pas. Dire que l'eau potable doit être insipide n'implique aucune évaluation précise et n'a pas grande signification.

D'une façon générale, il est bien difficile de porter un jugement sur la qualité d'une eau par la seule évaluation de la saveur. Dans la pratique, les réclamations aussi bien d'ailleurs que l'absence de réclamations des consommateurs ne constituent pas un test absolu pour juger des qualités organoleptiques de l'eau.

L'OMS recommande que l'eau ne soit pas considérée comme inacceptable par une majorité de consommateurs (RODIER et al, 2009).

I.10. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES D'UNE EAU

I.10.1. Particules en suspension et colloïdes

- **Taille des particules dans les eaux naturelles**

Ce sont des particules d'origine minérale, organique ou biologique. (Voir Figure N°01) On appelle « colloïdes » ou « particules colloïdales », les

particules en suspension dont la taille s'étend de quelque 0,01 μm à quelques μm . (RODIER et *al*, 2009).

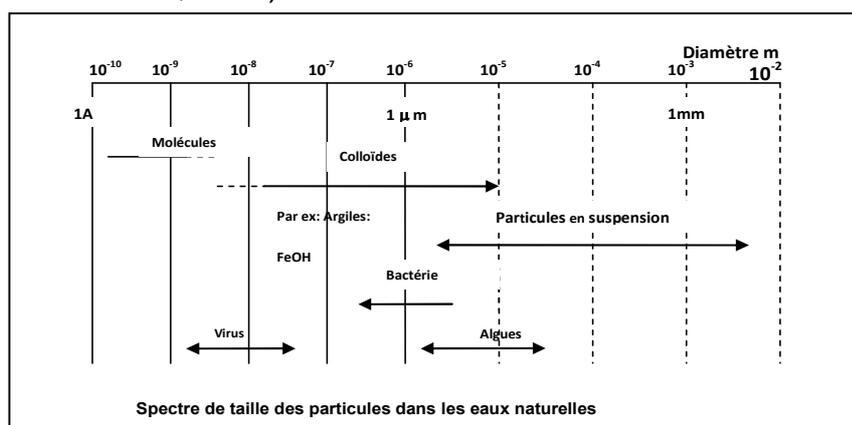


Figure 01: les diamètres des particules en suspension

- **Matières décantables**

Toute particule en suspension peut être théoriquement sédimentée (ou décantée) sous l'action de la pesanteur (gravité), mais à une vitesse qui dépend principalement de la taille et de la densité de la particule, ainsi que de la température de l'eau (RODIER et *al*, 2009).

- **Matières en suspension (MES)**

Tous éléments en suspension dont la taille peut être retenue par un filtre de porosité donnée. On distingue les matières décantables, qui se séparent de l'eau par gravité, des matières colloïdales séparables par coagulation.

Les anciennes directives du Conseil des communautés européennes préconisaient que les matières en suspension soient absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine. La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation (RODIER et *al*, 2009).

- **Résidu total (Résidus secs)**

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Pour des raisons de saveur, l'OMS recommande une valeur limite de 1000 mg/L dans l'eau destinée à la consommation humaine. À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes et la réglementation française indiquaient comme valeur limite 1500 mg/L après dessiccation à 180 °C (RODIER et *al*, 2009).

- **Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

La mesure de la turbidité, très utile pour le contrôle d'un traitement, ne donne pas d'indications sur la nature, la concentration, la taille des particules en suspension qui doivent faire l'objet de mesures spécifiques. L'OMS recommande comme valeur limite 5 unités NTU elle précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il conviendrait que la turbidité soit inférieure à 1 NTU (RODIER et *al*, 2009).

- **Indices de colmatage** (Fouling index),

il représente le pouvoir colmatant d'une eau, il est donc aussi en relation avec les matières en suspension et intervient dans les traitement par membrane. (DEGREMONT, 1978)

I.10.2. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement et très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Les directives du Conseil des communautés européennes relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine indiquent pour la conductivité un niveau guide de 2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20 °C (RODIER et *al*, 2009).

I.10.3. Température

Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C, entre 20 et 25°C, elle désaltère mal. À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes fixaient à 12°C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine, et à 25°C, la température à ne pas dépasser. L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme (RODIER et *al*, 2009).

I.10.4. Salinité (Minéraux dissous ou TDS)

La salinité totale d'une eau correspond au total des cations et des anions présents en (mg/L). (DEGREMONT, 1978)

On exprime en général la quantité totale de minéraux dissous à l'aide d'une valeur exprimée en mg/litre, ou partie par million (ppm). (En anglais: TDS- Total Dissolved Solids).

I.10.5. pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. C'est l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. C'est d'ailleurs à l'intérieur de ces deux valeurs que se situe généralement le pH des eaux distribuées aux collectivités.

Les directives du Conseil des communautés européennes précisent que l'eau ne doit pas être agressive et indiquent comme niveau guide : $6,5 < \text{pH} < 9,5$; elles rappellent que les valeurs du pH ne s'appliquent pas aux eaux conditionnées (RODIER et *al*, 2009).

I.11. CARACTERISTIQUES CHIMIQUE D'UNE EAU

I.11.1 Alcalinité (TA- TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (OH^-). Pour les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine, il est conseillé que l'alcalinité ne doit pas être inférieure à 2,5 degrés français.

Une eau n'est jamais neutre sauf une eau infiniment pure. En raison de la présence de différentes bases :

Bases faibles

HCO_3^- (bicarbonate ou hydrogénocarbonate)

CO_3^{2-} carbonate + Phosphates

Bases fortes

OH^- (hydroxyde)

La détermination de l'alcalinité de l'eau consiste à déterminer la concentration de ces différents anions en solution dans l'eau. Le diagramme (Figure 02)

suisant présente les résultats de l'étude des équilibres carboniques en fonction du pH à la température de 20°C :

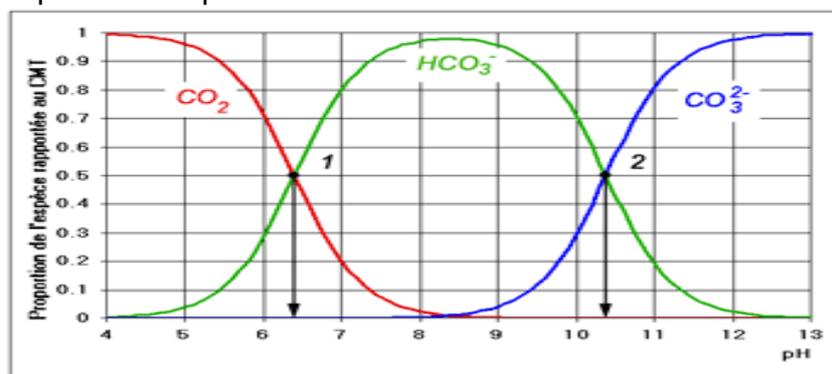


Figure 02: Le diagramme des équilibres carboniques en fonction du pH

On observe que pour $\text{pH} < 4,4$ l'espèce prédominante est le dioxyde de carbone : c'est le cas des boissons gazeuses ;

Pour $\text{pH} = 6,4$ on a égalité des concentrations en dioxyde de carbone et en ions bicarbonates ; de même pour $\text{pH} = 10,3$ on a égalité des concentrations en ions bicarbonates et en ions carbonates. Les points notés 1 et 2 correspondent à ces égalités de concentrations.

Au dessus de $\text{pH} = 12,4$ l'espèce prédominante est l'ion carbonate.

En dessous de $\text{pH} = 8,3$ l'espèce carbonate se trouve en quantité négligeable.

Pour la détermination de l'alcalinité, on définit deux paramètres (TA) et (TAC):

-Titre alcalimétrique simple (TA)

le TA correspond à la somme : $\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{H}_3\text{O}^+]$

Pour évaluer précisément ces concentrations, on doit recourir à des calculs quelque peu rebutants utilisant d'autres données telles que le pH et le TAC.

Ainsi la mesure du TA ne présente qu'un intérêt limité. le TA s'annule lorsque :

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{H}_3\text{O}^+]$$

. Ainsi les eaux présentant un pH inférieur à 8,3 ont un TA qui est nul.

- Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC correspond à la somme : $\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$

Il s'annule en toute rigueur lorsque : $[\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$

Dans ces conditions $[\text{CO}_3^{2-}]$ et $[\text{OH}^-]$ sont le plus souvent négligeables devant $[\text{HCO}_3^-]$ pour autant que l'eau contienne du CO_2 dissous et l'expression peut se simplifier à l'égalité : $[\text{HCO}_3^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$

Pour une eau ne contenant que des hydrogénocarbonates (cas le plus fréquent),

$$\text{TA} = 0, \text{TAC} = \text{HCO}_3^-$$

Pour une eau contenant un mélange carbonates/hydrogénocarbonates,

$$\text{TA} = \text{CO}_3^{2-}/2 \text{ et } \text{TAC} = \text{HCO}_3^- + 2 \text{TA}.$$

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution titrée acide (H_2SO_4) en présence soit de phénolphtaléine (pour le TA), soit de méthylorange ou hélianthine (pour le TAC).

Le virage du rouge à l'incolore de la phénolphtaléine se produit dès que le pH est égal à 8,3. Le virage du jaune à l'orange du méthylorange se produit au pH de 4,3.

Des valeurs respectives du TA et TAC, on peut déduire la répartition des trois grandes catégories de corps qui constituent l'alcalinité de l'eau: hydroxydes - carbonates - hydrogénocarbonates (RODIER et al, 2009).

Ce Tableau N°03 ci-dessous résume les valeurs des concentrations des différents anions en fonction du TA et TAC.

Tableau N°03: Calcul de TA et TAC

Valeurs respectives des titres TA et TAC si					du degré °F en mg.L ⁻¹	Anions
TA=TAC	TA>TAC/2	TA=TAC/2	TA< TAC/2	TA = 0		
TAC	2TA - TAC	0	0	0	3,4	OH ⁻
0	2(TAC-TA)	TAC	2TA	0	6	CO ₃ ²⁻
0	0	0	TAC - 2TA	TAC	12,2	HCO ₃

(DEGREMONT, 1978)

1.11.2. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne. Il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau douce. Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg/L de CaCO₃ est une eau douce et qu'au-dessus, on a une eau dure.

- Titre Hydrométrique (TH):

Le titre hydrométrique (TH) indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium qui rendent l'eau "dure". Traditionnellement, les résultats de la dureté s'expriment en degré hydrométrique français: 1°F = 10 mg/L (CaCO₃) = 4 mg/L (Ca). Il représente la concentration en ion alcalinoterreux présents dans l'eau on distingue:

Dureté calcique et magnésienne:

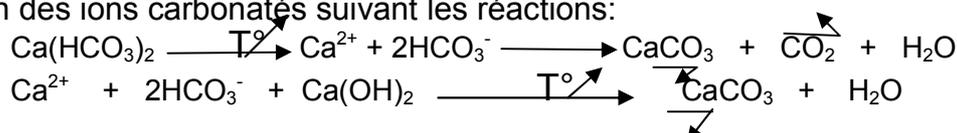
On a dureté total = dureté calcique + dureté magnésienne

Dureté carbonatée et non carbonatée :

Dureté carbonatée (TAC)

Teneur en hydrogénocarbonates et carbonate de Ca et de Mg ; Elle est égale au TAC si TH > TAC, Elle est égale au TH si TH < TAC

Appelait autrefois dureté temporaire car à température élevée on a la précipitation des ions carbonatés suivant les réactions:



Dureté non carbonatée: appelait autrefois dureté permanente elle n'est pas chimiquement équivalente à la quantité de carbonates elle est associée aux sulfates, chlorures, nitrates,etc. On a donc

Dureté totale(CaCO₃)=dureté carbonatée(CaCO₃)+dureté non carbonatée(CaCO₃) ;

TH = TAC + dureté non carbonatée (CaCO₃)

Donc Dureté non carbonatée(CaCO₃) = TH – TAC (Desjardins, 1990)

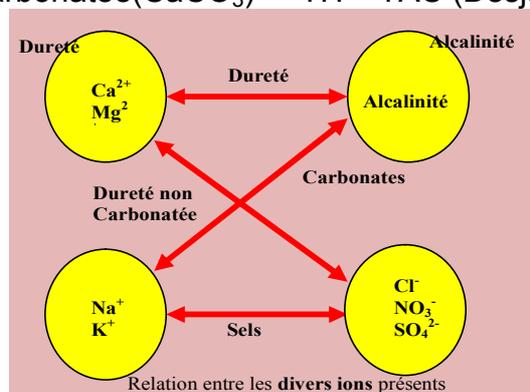


Figure 03: Relation entre les ions présents dans l'eau (Desjardins, 1990)

I.11.3. Cations et Anions

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ».

Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée. Ces anions et cations sont généralement présents à des concentrations très variables,

Le deuxième aspect est du domaine de la quantification de la pollution minérale, puisque d'autres anions et cations d'origine anthropique sont également parfois (trop) présents dans les eaux naturelles. Les cas des nitrates, nitrites et phosphates sont bien connus. Mais de très nombreux autres cations, dont les métaux lourds, peuvent être également présents, Enfin, d'autres paramètres minéraux, également en faible concentration, peuvent être issus du traitement et de la distribution de l'eau potable qu'il est nécessaire d'analyser pour le contrôle sanitaire (RODIER et al, 2009).

1.12. CONTROLE DE LA DESINFECTION

• Désinfection

La désinfection a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactérie ou virus) dans les eaux distribuées. Les produits ou procédés de désinfection choisis devront selon les cas posséder un effet bactéricide et/ou virucide leur permettant de détruire des germes, et éventuellement un effet rémanent qui repose sur le maintien d'une concentration en désinfectant, assurant la continuité de la désinfection dans les réseaux de distribution d'eaux potables ou dans les circuits d'eaux industrielles et limitant les risques de recroissance bactérienne.

- Les principaux types de désinfection utilisés sont:

➤ la désinfection physico-chimique

Qui consiste à ajouter des réactifs chimiques tels que :

- des composés chlorés comme le chlore gazeux, le dioxyde de chlore, l'eau de Javel ou les chloramines, l'ozone,

➤ la désinfection physique

- la stérilisation par les rayonnements ultraviolets,

- la désinfection par le traitement membranaire tel que l'osmose inverse.

La dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle préconisée après le temps de contact requis dépend de plusieurs paramètres qui représentent des facteurs clés pour le choix de la nature et de la concentration du désinfectant susceptible d'assurer une bonne désinfection. ces paramètres sont: – la température de l'eau, – le pH de l'eau, – le temps de contact, – la concentration en oxydant,

Pour le chlore, le maintien d'une teneur résiduelle de 0,5 mg/L en chlore libre pendant un temps de contact de 30 minutes ($Ct = 15 \text{ mg. min. L}^{-1}$) est recommandé. Le respect de la réglementation sur les sous-produits de chloration doit être assuré en parallèle (RODIER et al, 2009).

Désinfection avec chlore:

La dissolution dans l'eau du chlore gazeux conduit à sa dismutation en acide hypochloreux (HOCl), ion chlorure (Cl^-) et proton (H^+), selon l'équilibre :

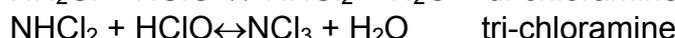


L'acide hypochloreux est un acide faible qui se dissocie dans l'eau suivant l'équilibre $\text{HOCl} \leftrightarrow \text{ClO}^- + \text{H}^+$ $K_a = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, soit $pK_a = 7,5$

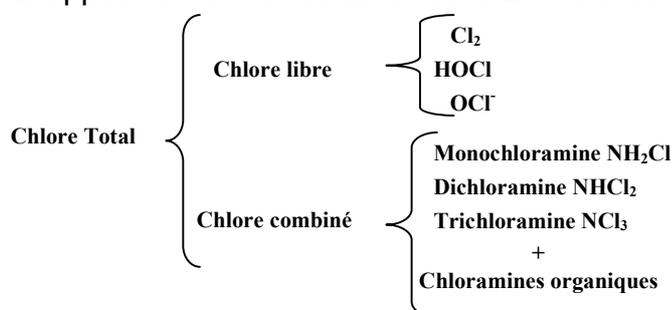
La somme de ces 2 formes (HOCl et ClO^-) constitue ce que l'on appelle le chlore libre et l'équilibre montre que leur domaine d'existence dépend du pH, On remarque que pour un $\text{pH} < 7,5$ La forme prédominante est l'acide hypochloreux et pour un $\text{pH} > 7,5$ on a l'ion hypochloreux.

Le chlore réagit sur de nombreux composés minéraux (fer, manganèse, azote ammoniacal, nitrites, bromures, iodures, sulfures et cyanures), ainsi que sur la matière organique des eaux (substances humiques en particulier).

■ Réactions chlore/ammoniaque



L'ensemble de ces chloramines minérales constitue ce que l'on appelle le chlore combiné, par opposition au chlore libre. On a Le schéma suivant



Pour des taux de chloration plus élevés, des réactions complémentaires complexes aboutissent à la destruction des Chloramines, la réaction globale étant la suivante : $2 \text{NH}_3 + 3 \text{HOCl} \leftrightarrow \text{N}_2 + 3 \text{HCl} + 3 \text{H}_2\text{O}$

La dose de chlore correspondant à cette stœchiométrie est appelée « break point » ou point de rupture. La courbe ci-dessous représente une courbe typique de break-point, telle qu'on peut l'obtenir sur une eau naturelle.

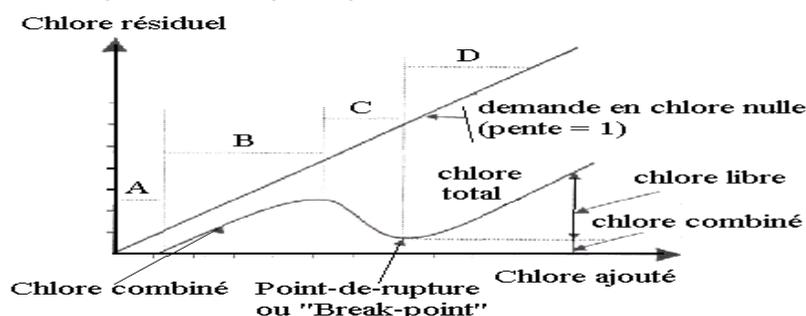


Figure 04: Courbe de « break point » d'une eau naturelle (RODIER et al, 2009)

- A : destruction du chlore par les composés minéraux réducteurs,
- B : formation de composés chlorés organiques et de Chloramines,
- C : destruction des Chloramines par ajout de chlore supplémentaire,
- D : production de chlore actif.

Il est extrêmement important de connaître la teneur en chlore libre d'une eau chlorée, car il représente la forme la plus efficace pour la désinfection, sachant par ailleurs qu'il est important de contrôler le pH des eaux traitées, car l'acide hypochloreux est un bactéricide beaucoup plus puissant que l'ion hypochlorite. (RODIER et al, 2009)

Chapitre II

L'IMPORTANCE DE L'EAU

II. L'IMPORTANCE DE L'EAU

II.1. LA COMPOSITION DE NOTRE CORPS EN EAU ET SON ROLE

Le corps tout entier est composé d'eau. L'eau est le principal composant du corps humain, elle représente en moyenne 60 % du poids corporel d'un adulte. Plusieurs facteurs influencent la teneur en eau du corps humain.

L'âge tout d'abord : le corps d'un bébé est constitué à 75 % d'eau ; après 50 ans, la teneur en eau diminue, passant de 60 % à 45-55 %. Ensuite, la composition du corps influe sur la quantité d'eau présente dans l'organisme : plus la masse maigre (muscles, os) est importante, plus la teneur en eau est élevée. Enfin, le sexe, l'activité physique et le climat ont aussi un rôle sur la teneur en eau du corps.

La concentration en eau n'est pas la même dans tout le corps : elle représente ainsi 90% du plasma sanguin, 70 pour cent de nos muscles, 1 % de l'ivoire des dents, 79% du cœur, 76% du cerveau, 22,5% des os. L'eau de notre corps est répartie en deux secteurs. Le plus important étant le secteur intracellulaire : l'eau est le constituant essentiel des cellules.

Le deuxième est extracellulaire: l'eau sert de réserve pour les cellules et les vaisseaux sanguins. En plus d'être le constituant essentiel des cellules, l'eau remplit plusieurs fonctions: elle est utilisée par tous les organes du corps, elle transporte et distribue les éléments nutritifs essentiels aux cellules (vitamines, minéraux, glucose), permet l'élimination des toxines, la régulation de la température corporelle et contribue à la lubrification des articulations. et d'hydrater les tissus des oreilles, du nez et de la gorge (Bondeau, 2011).

II.2. L'EQUILIBRE ESSENTIEL DE LA BALANCE HYDRIQUE

Pour que notre organisme fonctionne correctement, les pertes journalières en eau doivent être compensées par des apports, dont l'eau que nous devons boire chaque jour. En cas de déséquilibre de la balance hydrique, lorsque les apports en eau sont insuffisants par rapport aux pertes, notre corps souffre de déshydratation.

En moyenne, un adulte élimine 2 à 3 litres d'eau par jour: 1,5 litre dans les urines, 0,8 litre par la sueur et la respiration et 0,2 litre dans les matières fécales. Il faut donc un apport journalier de 2,5 litres d'eau. Ceux-ci sont apportés en partie par la nourriture (0,6L) et l'eau provenant de la décomposition des aliments (0,4L).

Le reste doit être fourni par l'eau que nous buvons : un adulte sédentaire en bonne santé et vivant dans un climat tempéré doit ainsi consommer 1,5L d'eau par 24 heures.

Cette quantité d'eau nécessaire varie selon l'alimentation, les facteurs extérieurs (température, hygrométrie...), l'intensité de l'activité physique, le poids...

Les adultes en bonne santé régulent leur balance hydrique avec précision. Par contre, les bébé et les personnes âgées ont, eux, plus de risque d'être déshydratés (Bondeau, 2011).

II.3. LES RISQUES DE LA DESHYDRATATION

L'être humain peut vivre un mois sans nourriture. Mais il ne survit pas à une semaine sans eau.

Si vous buvez assez d'eau, vous devriez éliminer environ un à deux litres d'urine jaune pâle par jour. Et lorsque vous avez soif, c'est un signe que vous êtes déjà légèrement déshydraté.

Perdre aussi peu que l'équivalent d'un à deux pour cent de votre poids en eau peut vous faire ressentir de la fatigue, diminuer votre capacité physique dans les activités sportives, affecter votre concentration et perturber votre température corporelle. Une déshydratation légère est sans conséquence et il est possible d'y remédier facilement en buvant. Cependant, une perte importante d'eau (environ 10 pour cent du poids corporel) peut mettre la vie en danger, plus particulièrement celle des aînés et des enfants en bas âge. (Eska, 2012)

Les bébés, dont le corps est composé à 75 % d'eau, ont plus de risque de souffrir de déshydratation grave. Les personnes âgées sont aussi plus sujettes à un déficit hydrique favorisant la déshydratation aiguë (pertes supérieures à 4 % du poids corporel). Dans une moindre mesure, les enfants sont également plus exposés à un déficit de la balance hydrique. Cependant, les adultes peuvent aussi souffrir de déshydratation modérée, même hors du cadre d'une activité physique plus intense (Bondeau, 2011).

II.4. L'EAU ET NOS REINS

Le rôle des reins

Les reins assurent plusieurs fonctions dans l'organisme. Une de leurs fonctions essentielles est l'élimination des déchets toxiques transportés par le sang. Autre rôle : maintenir le volume d'eau dans l'organisme, en équilibrant les entrées et sorties d'eau. Les reins régulent également les substances minérales indispensables à l'organisme: potassium, sodium, calcium, magnésium, chlore et phosphore.

Enfin, le rein intervient dans la production et la sécrétion d'hormones: la rénine, intervenant dans la régulation de la tension artérielle, l'érythropoïétine qui agit sur la moelle osseuse pour produire des globules rouges et le calcitriol, qui permet l'absorption du calcium par l'intestin et sa fixation dans les os.

Les reins régulent les quantités d'eau dans l'organisme

L'eau est indispensable à notre organisme. C'est le principal constituant de notre corps: elle représente 60% du poids corporel. "L'eau de notre corps se répartit en deux secteurs: un secteur extracellulaire, qui représente 20% du poids corporel, soit 40% de l'eau totale et un secteur intracellulaire, qui représente 40% du poids corporel, soit 60% de l'eau totale".

La teneur en eau des différents tissus humains répond à un équilibre hydrique. Ce sont les reins qui permettent à l'organisme de maintenir la quantité d'eau qui lui est nécessaire, en équilibrant les entrées et les sorties. "Les reins sont là pour filtrer l'eau et la réabsorber". "Chaque minute, 600 ml d'eau parviennent dans les reins et 20% sont filtrés. 99% de ce filtrat est réabsorbé, le 1% restant correspond lui à la quantité d'urine émise par 24 heures, soit 1,5 à 2L".

Les apports journaliers: 1,5 litre apporté par la boisson, 0,6 litre apporté par les aliments et 0,4 litre d'eau oxygénée, eau provenant de la décomposition des aliments.

Ce qui est éliminé chaque jour: 1,5 litre dans les urines, 0,8 litre par la sueur et la respiration et 0,2 litre dans les matières fécales. Au total, les entrées et sorties journalières d'eau s'équilibrent.

Eau et problèmes rénaux

Si les apports en eau sont insuffisants, cela peut favoriser l'apparition de calculs rénaux, la survenue d'infections urinaires, voire d'insuffisance rénale, en particulier chez les personnes âgées traitées par des diurétiques. D'où la nécessité de boire une quantité d'eau suffisante, soit en moyenne 1,5 litre d'eau par jour.

"En cas d'infections urinaires à répétition, il faut rincer le plus possible les voies urinaires, donc boire environ 2 litres d'eau par jour, en fragmentant cette prise d'eau sur 24h". Même conseil en cas de calculs urinaires. "En revanche, pendant une crise de coliques néphrétiques, il faut boire peu pour éviter de mettre le rein sous tension et aggraver la douleur".

A retenir aussi: si l'on a une insuffisance rénale chronique, en particulier une insuffisance rénale évoluée, boire plus de 1,5 litre d'eau par jour ne va absolument pas améliorer la fonction rénale, bien au contraire: "le rein a perdu de son pouvoir d'excrétion, cette eau va rester dans l'organisme, avec deux conséquences: l'organisme va faire travailler les néphrons restant sains pour éliminer plus de liquide, ceux-ci vont donc se fatiguer plus et se dégrader plus vite et si la quantité liquidienne est importante, l'eau stagne dans les cellules et le tissu interstitiel, ce qui va entraîner des œdèmes et de l'hypertension artérielle". Pensez donc à boire suffisamment pour protéger vos reins, soit au moins 1 litre d'eau par jour répartie sur une journée. (Bondeau, 2011)

II.5. L'IMPORTANCE DU pH

Les minéraux présents dans l'eau ne contribuent pas simplement à lui donner son goût et des propriétés saines. En réalité, ils en déterminent le pH. Cette influence est capitale, car le corps humain possède un pH naturel de 7,4. Il a besoin de ce niveau de pH pour fonctionner efficacement et il cherche toujours à le rétablir quand, pour quelque raison que ce soit, son pH est devenu trop acide ou trop alcalin. La consommation d'eau acide — c'est-à-dire d'eau qui contient soit des niveaux inférieurs de minéraux, soit du chlore, des sulfates ou des nitrates — ainsi que d'aliments acides peut temporairement perturber le corps. Un excès d'acide dans le corps a d'ailleurs été associé à l'affaiblissement du système immunitaire. La consommation d'une eau plus alcaline peut contribuer à restaurer l'équilibre corporel. Lorsqu'il doit réguler son pH, le corps peut aussi aller puiser dans ses réserves de minéraux essentiels et stocker de l'acide où ce n'est pas souhaitable, comme dans les muscles et la graisse.

Enfin, la consommation d'une eau plus alcaline ne fera pas sourire votre dentiste, car la consommation de boissons acides est l'une des principales causes de la carie !

Les eaux puisées à même des sources souterraines qui n'ont pas été traitées chimiquement ou modifiées physiquement devraient afficher un pH variant de 7,2 à 7,8, la fourchette idéale pour une bonne santé (Eska, 2012).

II.6. LES BIENFAITS DES EAUX MINÉRALES SUR LA SANTÉ

Autrefois vendues en pharmacies, les eaux minérales étaient considérées comme des médicaments à part entière. Cela fait moins d'un siècle que ces

eaux sont distribuées en masse dans les commerces. L'Académie de médecine reconnaît que la teneur élevée en certains minéraux peut conférer à ces eaux un rôle thérapeutique. Voici la liste des principaux minéraux et oligoéléments, et leurs qualités :

- **Bicarbonates**: interviennent de façon indirecte sur la santé, notamment quand ils sont associés au sodium. Les eaux fortement bicarbonatées (>1000 mg/L) peuvent alors être indiquées en cas de digestion difficile;
- **Calcium**: favorise la minéralisation des os. Les eaux riches en calcium (>150 mg/L) sont donc indiquées à tous et plus aux personnes souhaitant compléter des apports médicamenteux ou alimentaires;
- **Fluor**: prévient les caries et participe à la minéralisation des dents. Les besoins en fluor sont variables en fonction de l'âge, mais un apport de 0,5 mg/jour est suffisant;
- **Magnésium**: est essentiel au fonctionnement des cellules. Des eaux à fortes teneurs en magnésium (>50 mg/L) sont également indiquées en cas de stress et de fatigue;
- **Sodium**: agissant sur le rythme cardiaque et sur les muscles, les eaux riches en sodium (>150 mg/L) peuvent être recommandées aux sportifs exerçant des activités d'endurance;

Sulfates: les eaux riches en sulfates (>300 mg/L) ont des effets diurétiques et laxatifs. Elles seront donc préconisées lors de certains dysfonctionnements rénaux ou bien lors d'épisodes de constipation (Laîné, 2009).

Attention aux cas particuliers

Se caractérisant par leurs fortes concentrations en minéraux, les eaux minérales peuvent être contre-indiquées dans certaines pathologies et peuvent aussi créer des troubles à long terme. Ainsi, il est indispensable de choisir une eau faiblement minéralisée (<500 mg/L) et pauvre en fluor pour la préparation des biberons des nourrissons.

Par ailleurs l'excès de minéraux peut entraîner des effets dangereux chez certains malades. Par exemple, des eaux riches en sodium seront contre-indiquées chez les patients souffrant d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale.

Si la forte concentration en minéraux peut avoir des effets bénéfiques chez certains, cela peut être contre-indiqué chez d'autres. Il convient donc d'être attentif lorsqu'il s'agit des nourrissons et de personnes malades. Notons aussi qu'afin d'éviter tout excès pouvant provoquer des troubles, il est préférable de varier sa consommation d'eau minérale (Laîné, 2009).

La consommation de certaines eaux minérales qui sont de potabilité non permanente d'une façon permanente devrait être faite en connaissance de cause, après lecture des étiquettes ou renseignement près d'un pharmacien ou d'un médecin. Donnons quelques exemples d'effets indésirables :

- Le **fluor** en excès fait apparaître des taches brunes sur l'émail des dents et favorise les maladies osseuses.
- Le **silicium** peut provoquer la silicose.
- Le **sodium** favorise les œdèmes, l'hydropisie et l'hypertension artérielle.
- Le **potassium** en excès a des effets néfastes sur le système neuro musculaire, les contractions cardiaques.
- L'absorption du **calcium** est inhibée par les ions sulfate (Engalenc, 2012).

Comme tout produit ayant des propriétés thérapeutiques, les eaux minérales peuvent avoir une contre-indication. Il est conseillé de varier les marques des eaux minérales: Un amateur d'eau gazeuse risque de ne boire que des eaux bicarbonatées sodiques fortement minéralisées et riches en sodium. Mêmes inconvénients pour les buveurs recherchant les eaux "goûteuses" car salées. De toute façon, les eaux minérales qui ne respectent pas les normes de potabilité permanente, ne devraient pas être consommées régulièrement, même en alternance de marques (Engalenc, 2012).

II.7. LES BIENFAITS DE L'EAU GAZEUSE

Au XXe siècle, l'eau gazeuse est utilisée pour arrêter les vomissements et aider le fonctionnement des sucs gastriques. Au XXIe siècle, on considère que l'eau gazeuse ne fait pas grossir mais elle peut avoir un effet apéritif et amener ainsi à un excès de poids. Elle peut provoquer parfois une gêne gastrique, raison pour laquelle elle est déconseillée avant et pendant un effort physique. Des chercheurs italiens ont cependant constaté, en 2002, que le transit du bol alimentaire était favorisé par l'ingestion d'eau gazeuse. L'eau minérale gazeuse constitue une cause négligeable de l'érosion dentaire et du risque de fracture osseuse, par comparaison avec les sodas (Anonyme, 2012).

En remontant de sa source, l'eau naturellement gazeuse dissout les roches avec lesquelles elle entre en contact, d'où sa forte minéralisation (magnésium, calcium, fer...) et ses vertus thérapeutiques. En effet grâce aux propriétés antiacides du bicarbonate de sodium qu'elles contiennent en quantité, les eaux pétillantes facilitent le transit (nausées, indigestion, constipation, aigreurs d'estomac). Très désaltérantes, elles aident aussi à récupérer après une séance de sport : les bicarbonates luttent contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort. Enfin, particulièrement goûteuses et festives avec leurs bulles plus ou moins fines, elles s'avèrent une bonne alternative pour les personnes qui trouvent l'eau plate trop fade.

Elles sont également volontiers utilisées pour libérer l'arôme des boissons, comme les jus de fruits par exemple.

Le point faible de la grande majorité des eaux pétillantes est leur teneur en sel qui peut être trop élevée. Il convient de demander conseil à son médecin si l'on souhaite en consommer régulièrement, en particulier les personnes souffrant d'hypertension artérielle, de maladies cardiaques et rénales, les femmes enceintes et les jeunes enfants (Emile, 2009).

II.8. L'ACTION DIGESTIVE DES EAUX GAZEUSES BICARBONATEES

L'ion bicarbonate a un rôle essentiel dans la protection de la muqueuse digestive, en particulier dans la partie haute du tube digestif. "Plusieurs eaux minérales contiennent des quantités importantes d'ion bicarbonate, et leur potentiel digestif est évoqué depuis longtemps, notamment en raison de leur pouvoir neutralisant de l'acidité gastrique".

De plus, la composante fréquemment gazeuse des eaux riches en bicarbonate, si elle ne semble pas directement modifier la sécrétion acide gastrique par rapport à une eau plate, a un effet généralement accélérateur de la vidange gastrique, ce qui pourrait expliquer la moindre sécrétion acide par rapport à celle observée avec une eau plate. Il a aussi été observé que la concentration en CO₂ de différentes boissons peut modifier la sécrétion d'ion

bicarbonate par la muqueuse digestive, ce qui pourrait contribuer à leur protection en association avec celle du mucus couvrant la paroi des intestins. (Bondeau, 2009)

II.9. MINERALITE ET SANTE

À l'état naturel, l'eau douce contient généralement de nombreux minéraux comme le magnésium, le calcium, le potassium, le chlorure et le sulfate, mais en quantités infimes. Ces minéraux sont essentiels au bon fonctionnement du corps. Bien que les aliments en fournissent une certaine quantité, ceux contenus dans l'eau contribuent à une bonne santé générale.

Le goût d'une eau est essentiellement déterminé par les quantités précises de minéraux qu'elle contient à l'origine. L'eau dont tous les minéraux ont été retirés — que ce soit par distillation, par déminéralisation ou par osmose inversée — peut être fade et désagréablement insipide. Certains médecins déconseillent même de boire régulièrement de telles eaux, car elles risquent de dérégler l'équilibre minéral naturel du corps.

De nombreuses entreprises d'embouteillage ont recours à des procédés de déminéralisation de l'eau lors de la purification. Pour en améliorer le goût, elles y ajouteront des minéraux. Malheureusement, la reminéralisation ne ramène pas l'eau à sa composition d'origine. Dans la nature, l'eau souterraine absorbe les minéraux au fil des ans. Lorsque des minéraux formulés en laboratoire sont ajoutés artificiellement, ils peuvent ne pas se dissoudre complètement et il est alors impossible pour le corps de les absorber correctement. Quant au goût, il en reste toujours affecté (Eska, 2012).

II.10. LE ROLE DES MINERAUX DE L'EAU MINERALE

II.10.1. Bicarbonates (HCO_3^+) et eau minérale

Le bicarbonate réduit l'acidité dans le corps. Après le sport ou en cas de digestion difficile, il permet de récupérer rapidement. Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans les sources naturelles. Plus il y en a, plus l'eau est gazeuse.

Rôle des bicarbonates Le bicarbonate agit sur l'acidité gastrique, et il permet de donner au sang un pH stable.

Besoins en bicarbonates Le bicarbonate a toujours été utilisé pour combattre l'acidité. En médecine, il semblerait que le bicarbonate facilite la digestion et aide à réguler le pH d'un estomac trop acide. Par ailleurs, le bicarbonate serait utile aux sportifs pour diminuer l'acidité de l'organisme lié à la production d'acide lactique (Woodward, 2009).

II.10.2. Calcium Ca^{2+} et eau minérale

Le calcium est le véritable ciment des os. Les besoins quotidiens sont très importants, surtout chez les enfants et les femmes enceintes, et les eaux riches en calcium sont un bon complément des trois produits laitiers par jour. L'eau se charge en ions calcium quand elle traverse des terrains calcaires.

Rôles du calcium Le calcium intervient dans la construction des os et des dents dont il assure la croissance, la solidité, et l'entretien. Il intervient aussi dans la coagulation sanguine. Il assure également la perméabilité des membranes, la transmission des influx nerveux, la contraction musculaire et

un rythme cardiaque normal. Le calcium active certaines enzymes et prévient l'hypertension.

Besoins en calcium L'apport journalier recommandé est de 1200 à 1500 mg puis 800 à 1000 mg après l'âge de 25 ans. (Woodward, 2009)

II.10.3. Chlorures (Cl⁻) et eau minérale

Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme et il est présent naturellement à faible dose dans les eaux minérales. Cependant, une pollution industrielle peut l'enrichir accidentellement, jusqu'à des concentrations impropres à la consommation. Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer (± 19 g/L). Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l. Dans les eaux souterraines, leur concentration dépend des roches traversées. Les sols pollués par l'industrie chimique sont très riches en chlorures.

Rôles des chlorures Avec le sodium et le potassium, il participe à la bonne répartition de l'eau dans le corps et contribue à équilibrer le pH dans l'organisme. Il participe aussi à la digestion, en se combinant avec les ions H⁺ pour former de l'acide chlorhydrique déversé dans l'estomac. Enfin, il contribue au transport du CO₂ dans le sang.

Besoins en chlorures L'apport journalier recommandé est de 1 g par jour, un besoin largement couvert par une alimentation équilibrée (Woodward, 2009).

II.10.4. Fluorure et eau minérale

Le fluor est un oligoélément nécessaire à l'organisme notamment pour protéger les dents des caries. Il doit cependant être consommé à très faible dose, sous peine de voir les effets inverses apparaître. Les eaux souterraines emportent naturellement du fluor en lessivant les sols. Mais les usines de fabrication de produits chimiques (comme les pesticides) et les étangs d'eaux résiduaires peuvent contribuer à introduire du fluorure dans les sources d'eau brute.

Rôle du fluor Le fluor est un constituant des dents et contribue à prévenir la carie dentaire. Chez les adultes, le fluor contribue à prévenir l'ostéoporose.

Besoins en fluor L'apport journalier recommandé est de 0,5 mg pour les enfants à 2 mg/jour pour les adultes (Woodward, 2009).

II.10.5. Magnésium Mg²⁺ et eau minérale

Le magnésium est un minéral qui donne de l'énergie. L'alimentation actuelle ne procurant pas toujours la quantité journalière suffisante, une consommation régulière d'eau riche en magnésium est conseillée aux femmes enceintes ou aux sportifs.

Le magnésium se retrouve dans des sources d'eau traversant des terrains spécifiques riches en magnésium.

Rôles du magnésium Le magnésium est un activateur de certaines réactions chimiques qui se passent dans l'organisme. Il intervient dans beaucoup de systèmes différents, notamment dans la production d'énergie et à la transmission des messages nerveux. Il joue un rôle important dans les échanges entre les cellules et leur milieu. Il intervient à plusieurs niveaux

dans les mécanismes immunitaires, les réactions inflammatoires et les allergies. Il semblerait aussi que le magnésium agisse aussi contre le vieillissement en diminuant les dommages provoqués par les radicaux libres¹.

Besoins en magnésium L'apport journalier moyen recommandé est de 350 mg (Woodward, 2009).

II.10.6. Nitrates NO₃⁻ et eau minérale

Les nitrates sont indispensables à la vie des végétaux, mais peuvent être toxiques pour l'homme. Les engrais et les usines chimiques sont la principale source de pollution des eaux de source en nitrate.

Les nitrates sont des composés d'azote et d'oxygène, et sont indispensables aux développements des végétaux. La plupart des eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses faibles de quelques milligrammes par litre. Cependant de nombreuses eaux souterraines et de surfaces ont une concentration élevée en nitrate du fait de l'enrichissement des sols par les engrais ou par les rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles (Woodward, 2009).

II.10.7. Potassium (K⁺) et eau minérale

Le potassium est l'élément clé de la contraction musculaire. Les besoins journaliers sont assez faibles et généralement couverts par une alimentation équilibrée. La concentration de potassium est assez faible dans la plupart des eaux minérales, sauf dans certaines eaux gazeuses.

Rôle du potassium Ce minéral joue un rôle-clé dans la contraction des muscles et du cœur, mais aussi dans la transmission de l'influx nerveux. Il intervient dans le fonctionnement neuromusculaire et combat les crampes. Le potassium participe également au bon fonctionnement des reins, et des glandes surrénales qui régulent le stress et la production d'énergie.

Besoins en potassium Il est indispensable de consommer du potassium en assez grande quantité pour contrer les effets du sodium consommé en excès. Une personne adulte devrait consommer 3 à 5 g de potassium par jour ; les enfants de 0 à 6 ans entre 0,5 et 1 g/j (Woodward, 2009).

II.10.8. Sodium Na⁺ et eau minérale

Le sodium est un élément essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydratation du corps. Il est donc indispensable d'en consommer en quantité suffisante, mais sans excès. Généralement, l'alimentation contribue amplement à l'apport journalier de sodium, mais en cas de déshydratation ou à l'issue d'une gastro-entérite par exemple, une recharge en sodium peut s'avérer nécessaire.

Rôle du sodium Ce sel minéral permet de maintenir l'équilibre hydrique du corps. En collaboration avec d'autres sels comme le bicarbonate et le chlore, il participe aussi à l'équilibre acido-basique qui donne au sang un pH stable. Il intervient aussi dans la transmission de l'influx nerveux et la contraction musculaire. Enfin le sodium intervient dans le passage du sucre et d'autres nutriments du sang vers l'intérieur des cellules.

Besoins en sodium Les apports recommandés sont de 5 à 8 g par jour et jusqu'à 10 g pour les grands sportifs. Le seuil vital minimal est de 2 g (Woodward, 2009).

II.10.9. Sulfates et eau minérale

Les sulfates permettent de fabriquer les protéines, ces molécules qui construisent l'organisme. Souvent, les végétariens sont à risque de carence en soufre, car c'est principalement la viande et le poisson qui l'apportent dans l'alimentation. C'est pourquoi une consommation d'eau fortement soufrée peut s'avérer être un bon complément.

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse.

Rôle des sulfates Les sulfates représentent la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline. Sans lui ces molécules n'ont pas la bonne forme et ne peuvent pas fonctionner. Il entre également dans la composition de certaines vitamines, du cartilage, des tendons et des os. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal.

Besoins en sulfates L'apport journalier en acides aminés soufrés est estimé à 13-14 mg par kg de poids. Un régime qui apporte assez de protéines répond aux besoins de l'organisme (Woodward, 2009).

II.11. LES RISQUES SANITAIRES LIES A UNE CONSOMMATION D'EAU DE MAUVAISE QUALITE

II.11.1. Les maladies liées à l'eau

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, loin s'en faut. Elle véhicule en particulier nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent, ainsi que nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou se reproduire. Or de tels organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humain. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de ces maladies que l'on dit hydriques.

Les micro-organismes abondent dans les eaux souillées par les déjections animales et humaines, et leur transmission à l'homme se fait par simple ingestion d'eau infectée. Ils se propagent donc rapidement dans les pays qui ne disposent pas de bonnes conditions d'hygiène. Certaines bactéries, notamment le colibacille responsable des colibacillooses et le vibron cholérique responsable du choléra, et certaines amibes, véritables parasites du corps humain, déclenchent de fortes diarrhées. Lorsqu'aucun soin n'est dispensé, ces pertes d'eau peuvent conduire à une déshydratation importante de l'organisme et entraîner la mort. La fièvre typhoïde est due elle aussi à une bactérie qui, outre des troubles digestifs, provoque une forte fièvre. L'Europe a beaucoup souffert par le passé d'épidémies dues à la mauvaise qualité de l'eau. La dernière d'entre elles fut une épidémie de choléra qui sévit au cours du XIXe siècle faisant des milliers de victimes. Mais aujourd'hui, ces épidémies sont surtout le drame des pays chauds qui ne disposent pas de latrines septiques, ni de traitements des eaux. Dans ces conditions en effet, les matières fécales des personnes malades contaminent rapidement les eaux de boisson consommées par les personnes saines...

Aujourd'hui, ces maladies hydriques sont à l'origine de la mortalité très élevée des populations des pays en voie de développement. La raison principale de cette situation catastrophique est la pauvreté. Nombre de populations ne disposent pas d'eau potable, les aménagements indispensables aux traitements des eaux usées et à la fabrication d'eau potable étant trop coûteux, ni même des soins que ces affections nécessitent, les infrastructures médicales n'étant pas suffisantes (Anonyme, 2012).

II.11.2. La toxicité de certains polluants chimiques

L'eau de la nature est d'autant moins potable aujourd'hui qu'elle est de plus en plus polluée par des substances rejetées par les sociétés humaines. Or, cette pollution est parfois telle aujourd'hui, que même la qualité de l'eau potable s'en ressent. Il n'est pas rare en effet, même dans les pays industrialisés, qu'une affaire éclate au sujet d'eaux du robinet ne respectant pas les normes. Sont généralement incriminées, les pollutions bactériologiques, et les pollutions par les nitrates, pesticides et métaux lourds.

De toutes ces matières qu'elle reçoit, certaines sont sans risque pour la santé en dessous d'une certaine concentration, d'autres sont toxiques même à l'état de trace. Outre leur concentration, le temps d'exposition à ces substances est également très important. Si la contamination par les micro-organismes pathogènes est très rapide, une seule absorption d'eau infectée pouvant suffire, certaines substances ne sont toxiques qu'après un long temps d'exposition. Mais, par-delà ces généralités, les effets sur l'organisme humain de cette kyrielle de substances que les populations ingèrent régulièrement à doses homéopathiques restent, pour la plupart, encore méconnus.

Certaines substances, comme les métaux lourds, ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être la cause de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérées en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques.

Le plomb par exemple passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie, ou encore maladie bleue. Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes.

La difficulté avec les pesticides est qu'ils forment une famille très nombreuse : plusieurs centaines de molécules très diverses sont en effet utilisées. Certains d'entre eux, comme l'atrazine, un herbicide utilisé dans la culture du maïs, sont cancérigènes. D'autres seraient susceptibles d'avoir des effets négatifs sur la fertilité masculine (Anonyme, 2012).

CHAPITRE III

LES EAUX EMBOUTEILLEES

III. LES EAUX EMBOUTEILLEES

III.1. HISTOIRE DE L'EAU EMBOUTEILLEE A TRAVERS LE MONDE

Les origines de l'eau embouteillée remontent sans doute à l'Antiquité. Conscients des vertus de l'eau pour la santé, les Romains recherchent et développent des sources au fur et à mesure qu'ils établissent leur empire. Selon la légende, après avoir traversé les Pyrénées, Hannibal, le célèbre général de l'armée de Carthage, aurait laissé ses troupes et ses éléphants se reposer aux Bouillens, en France, à l'endroit même où se trouve aujourd'hui la source Perrier.

La mode du thermalisme, qui apparaît en Europe au XVIIIe siècle, tire son origine des bains datant de l'époque romaine. La science et la médecine font l'éloge des effets bénéfiques de l'eau minérale naturelle pour le bain, la douche comme la boisson. Par exemple, dès 1760, des curistes viennent à Contrexéville, en France – à la source Contrex – afin d'éliminer leurs calculs rénaux. La tradition des sources thermales se développe également dans de nombreux autres pays, y compris l'Italie – aux bains de San Pellegrino – et en Amérique.

Les eaux des sources thermales froides sont embouteillées pour la première fois vers 1850. Une licence autorisant l'embouteillage de l'eau minérale naturelle Vittel Grande Source est accordée dès 1855. Perrier suit en 1863, puis d'autres pays européens quelques années plus tard. En 1903, les eaux minérales naturelles Vittel Grande Source et Hépar sont déclarées « d'intérêt public » par les autorités françaises.

A cette époque, les sources thermales et l'embouteillage d'eaux minérales naturelles sont également bien implantées en Amérique du Nord. En 1845, l'eau Poland Spring est mise en bouteilles pour être vendue dans des dames-jeannes d'une contenance de trois gallons. En Amérique du Sud, l'eau São Lourenço est embouteillée au Brésil dès 1890.

La consommation d'eau embouteillée est tout d'abord un privilège réservé à la haute bourgeoisie, aux capitaines d'industrie, aux politiciens, aux membres des familles royales. L'eau est embouteillée dans des contenants en verre ou en grès, dotés de bouchons en porcelaine ou en liège. Puis, au milieu du XIXe siècle, le développement des chemins de fer et l'émergence des techniques de production industrielle transforment progressivement cette activité. Au milieu du XXe siècle, la production globale atteint déjà plusieurs centaines de millions de bouteilles.

Vittel va révolutionner le marché en 1968 en lançant la première bouteille en plastique, destinée à la consommation d'un public plus large. La société accompagne son lancement d'une campagne de publicité mettant en avant la vitalité plutôt que les vertus thérapeutiques du produit. Au milieu des années 1980, une autre révolution va accélérer le développement du marché avec l'arrivée du PET (polyéthylène téréphtalate) (Letmathe, 2003).

III.2. PRINCIPAUX TYPES D'EAUX CONDITIONNEES EN BOUTEILLES

En France, ou en Canada les eaux de boisson destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations : eaux de table, eaux de source, eaux minérales.....on citera par exemple quelques catégories d'eau indiquée sur les

étiquettes des bouteilles les plus vendues : Les eaux de tables (eau potable), Les eaux de sources, Les eaux minérales (minérale naturelle), Les eaux gazeuses.

III.2.1. Définition d'une eau de Table (eau potable)

Les eaux de **table** sont de même nature que l'eau du robinet, mais elles sont commercialisées en bouteilles. Elles ont éventuellement subi un traitement spécifique. Cette eau est dite **potable** car elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine.

Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques et les pays (et selon l'autorité en charge de cette définition dans certains pays). Le concept de « *potabilité* » varie à travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisque une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain. (Anonyme, 2012)

III.2.2. Définition des eaux de source

Les eaux dites de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer, afin d'éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration. Contrairement à une eau minérale naturelle, une eau de source ne possède pas de qualité thérapeutique.

Une eau de source est une catégorie d'eau embouteillée dont les caractéristiques doivent respecter une réglementation. En général, elle doit être :

- Objet d'analyses régulières pour vérifier qu'elle reste de bonne qualité mais n'est pas spécialement tenue d'avoir une formule fixe.
- D'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction.
- Elle doit donc être naturellement conforme aux critères de potabilité.
- elles sont embouteillées directement sur le lieu de captage sans subir de traitement purificateur avant sa mise en bouteille puisqu'elles sont saines à la sortie de la source. Au plus elle peut être enrichie en gaz lorsqu'il s'agit d'une eau gazeuse, Qu'elles soient plates ou gazeuses,
- L'eau de source ne doit pas entretenir de confusion avec une eau minérale naturelle. (journal officiel national)

III.2.3. Définition des eaux minérales (eaux minérales naturelles)

Toutes les eaux sont minérales, seule l'eau distillée est pure. Une eau est dite "minérale naturelle" si elle correspond à une eau de boisson d'origine souterraine, géologiquement et physiquement protégée. Faisant en général l'objet d'une exploitation commerciale. Sa définition légale varie selon les réglementations des différents pays. «Eau minérale naturelle» est une appellation francophone qui désigne une catégorie d'eau vendue en bouteille. Elle est définie par un certain nombre de caractéristiques.

- Issues de sources souterraines qui sont bactériologiquement et chimiquement saines. leur gisement hydro minéral comme la nappe phréatique profonde et protégée par la nature des couches géologiques environnantes.
- Elles ne subissent aucun traitement et ne subissent pas de désinfection.
- Elles sont embouteillées à la source.

- Elle doit en général présenter certaines caractéristiques chimiques minimales constantes. Et une composition chimique stable, et ne doit subir aucun traitement chimique.
- Elles se caractérisent par leur pureté originelle : elles ne peuvent pas contenir de composés d'origine anthropique (liées aux activités de l'homme).

Leur composition en minéraux et oligo-éléments ont été reconnues d'intérêt public pour la santé humaine. Certains sont très riches en minéraux, d'autres au contraire sont pauvres en minéraux. Quant aux eaux pétillantes, elles sont d'une façon générale très riche en dioxyde de carbone, en bicarbonate (entre autre) et pour certaines en sodium. (journal officiel national)

III.2.4. Définition des eaux gazeuses

L'eau gazeuse, eau acidule, eau effervescente, eau pétillante, eau gazéifiée, ou encore soda club ou soda nature en Amérique du Nord, est une eau dans laquelle un ou plusieurs gaz se trouvent dissous par une action naturelle ou artificielle. Elle est différente de l'eau minérale, car elle contient une teneur en minéraux plus faible. (Anonyme, 2012)

Dans le détail, il existe deux types d'eau gazeuse:

- **L'eau pétillante naturelle:** Elle contient du dioxyde de carbone à sa source. C'est-à-dire qu'eau et gaz cohabitent dans la même nappe souterraine. Il arrive qu'elle soit en plus "renforcée" (ou "regazéifiée") avec son propre gaz (capté séparément en profondeur) au moment de la mise en bouteille. Leur gaz résulte de l'activité volcanique.
- **L'eau minérale gazéifiée :** C'est une eau minérale plate à laquelle on a ajouté du gaz carbonique (provenant de différentes sources) en usine au moment de l'embouteillage. (Lucie Emile, 2009)

Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du gaz carbonique dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillées. (journal officiel national)

III.2.5. Quelques appellations et dénominations des eaux embouteillées utilisées (suivant l'origine ou le traitement appliqué)

- **Eau de Puits Artésien**

Eau provenant d'un puits foré dans une réserve d'eau souterraine confinée (nappe phréatique, aquifère). Par exemple, on peut puiser de l'eau d'un aquifère, qui est constitué d'une couche de roche ou de sable poreux, saturé d'une quantité prélevable d'eau. (Ex: eau Fiji)

- **Eau Traitée (Drinking Water)**

Généralement tirée d'un réseau de distribution publique. Eau traitée par distillation, Dé ionisation, osmose inverse ou autre. Ces traitements ont pour effet d'enlever la plus grande part des minéraux contenus dans l'eau (ex: Aquafina). L'eau doit alors avoir une liste d'ingrédients.

Certaines compagnies, une fois l'eau traitée, vont y ajouter des minéraux selon une recette précise, ce qui permet à l'eau d'avoir un goût uniforme peu importe l'endroit où l'eau est collectée. (Ex: Dasani)

- **Eau Purifiée**

Appellation permise aux Etats-Unis. Comme l'eau traitée, mais dont le niveau de matières dissoutes ne dépasse pas 10mg/litre. C'est une eau souterraine ou de surface traitée pour s'adapter à la consommation humaine. Seuls la façon dont

elle est distribuée (dans des bouteilles plutôt que par l'intermédiaire d'un réseau d'approvisionnement) et son prix élevé la différencie de l'eau du robinet. (Ecosynthese, 2008-2009)

III.2.6. Composition minérale de quelques eaux en bouteille

Voir annexe II le Tableau N°04 montrant la composition minérale d'un certain nombre d'eaux en bouteille, comparée aux normes, et à des exemples d'eau municipale.

III.3. STATISTIQUES ET L'EVOLUTION DU MARCHE DE L'EAU EMBOUTEILLEE DANS LE MONDE

La Consommation d'eau embouteillée a augmenté de façon exponentielle au cours des dix à quinze dernières années. Cette croissance a eu lieu dans le monde, mais particulièrement en Europe et en Amérique du Nord. Le secteur de l'eau en bouteille a littéralement créé son propre culture de l'eau.

De nombreux pays sont devenus très orientés vers l'eau en bouteille. Selon une enquête réalisée en 2001 par le World Wildlife Fund, elle montre que les individus partout dans le monde consomment quelque 89 milliards de litres d'eau en bouteille chaque année.

Les citoyens des États-Unis consomment à eux seuls environ 13 milliards de litres d'eau embouteillée. Un rapport de 2000 menée par Partners Yankelovich de l'Université Rockefeller a découvert que 37.7% d'eau qui sont consommés quotidiennement sont de l'eau embouteillée aux États-Unis

Alors dans ce domaine quels sont les plus grands consommateurs dans le monde d'eau en bouteille? Voici la Figure 05 du graphique de la consommation d'eau en bouteille en litres par personne de l'année 1999. Publié dans le bulletin d'information de Splash Freshwater, Il montre étonnamment, que l'Europe occidentale consomme près de 50% de l'eau embouteillée du monde. Beaucoup affirment que cela est dû à la culture européenne, depuis que le continent a eu les eaux très polluées en raison de l'agriculture et de l'industrie datant de la révolution industrielle.

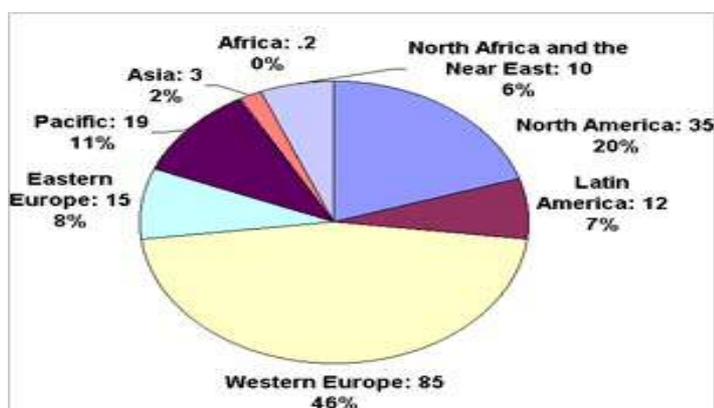


Figure 05: Consommation d'eau en bouteille en litres par personne en 1999

Splash indique également qu'environ 59% de l'eau embouteillée consommée est purifiée, tandis que les 41% est de l'eau de source ou de l'eau minérale. La plupart des eaux en bouteille (environ 75%) provient de sources protégées, telles

que les aquifères souterrains et les sources. L'augmentation de la consommation d'eau en bouteille est également un enjeu majeur. Voici Figure 06 du graphique qui explore l'augmentation de 1999-2001 pour huit régions différentes dans le monde.

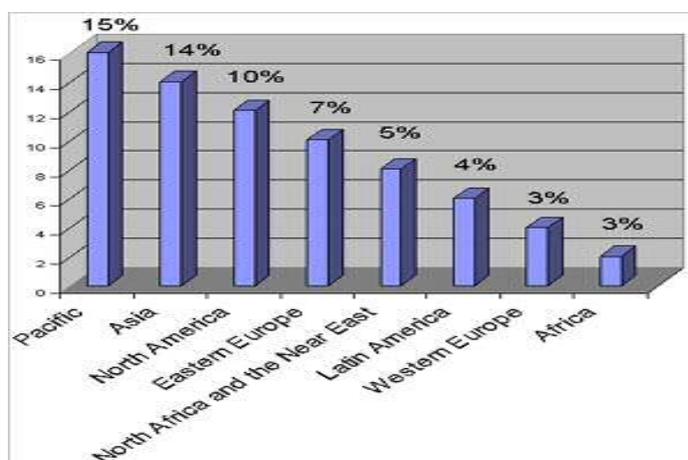


Figure 06: Augmentation de la consommation de 1999-2001 pour eau embouteillée, (source: Par les étudiants Geography 378, University of Wisconsin-Eau Claire, USA, 2004)

III.3.1. La situation économique des eaux embouteillées dans l'Algérie

La Figure 07 donne une indication de l'évolution annuelle de la consommation des eaux conditionnées en Algérie. Pour ces dernières années, cette évolution est très importante. Elle donne une indication de l'évolution tendancielle du paysage qui présage des possibilités d'évolution de la consommation future de l'eau embouteillée et de la masse d'investissement qui sera nécessaire pour produire cette quantité d'eau (MARSILY et HAZZAB, 2011).

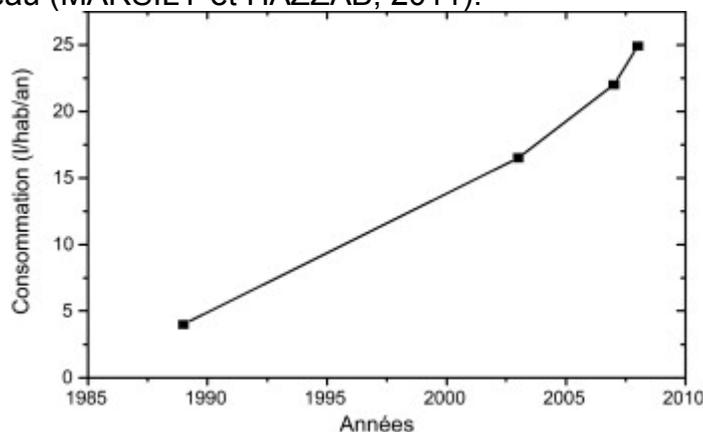


Figure 07 : Évolution de la consommation annuelle des eaux minérales en Algérie.

III.4. PRINCIPAUX TRAITEMENTS EFFECTUES SUR LES EAUX DANS L'INDUSTRIE EMBOUTEILLAGE

Voici un aperçu des principaux types de traitement que l'on peut appliquer à l'eau. La plupart du temps, les eaux traitées et les eaux municipales subissent plusieurs de ces traitements.

III.4.1. La distillation

La vapeur d'eau que l'on fait bouillir est recondensée. Ce procédé tue les microbes, mais élimine également les minéraux naturels, ce qui donne une eau au goût 'plat' et réduit sa valeur pour la santé.

III.4.2. La déionisation

Aussi appelée déminéralisation, ce procédé utilise des échanges d'ions afin de retirer les minéraux contenus dans l'eau. Les résultats sont similaires à la distillation.

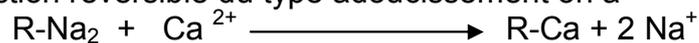
Echange d'ions

Les échangeurs d'ion sont des substances granulaires insolubles, comportant dans leurs structures des radicaux acides ou basiques susceptibles de permuter sans modification apparente de leurs aspect physique, et sans altération ou solubilisation, cette permutation appelée échange d'ions permet de modifier la composition ionique de liquide objet de traitement, sans modification du nombre total de charge existant dans ce liquide avant l'échange.

Les échangeurs d'ions sont des résines qui se présentent soit sous forme de grains, soit sous forme de billes. La structure chimique des échangeurs est telle qu'ils comportent dans leurs molécules un ou plusieurs radicaux a fonction acide ou basique. Un échangeur de cation a un acide de forme R-H et un échangeur d'anions a une base de forme R-OH, la force de cet acide ou de cette base est fonction de la nature du noyau moléculaire et des radicaux qui y sont attachés, HCO₂, HSO₃, NH₃OH, et (Degrémont, 1989).

Principe

Pour une réaction réversible du type adoucissement on a



Si l'échange est mis en contact statique avec le liquide a traiter la réaction s'arrête lorsque l'équilibre est atteint entre le liquide est la résine, il faut fonctionner par percolation a travers les couche superposées de l'échangeur pour obtenir une permutation suffisamment poussée mais il subsiste pratiquement toujours une fuite ionique (Degrémont, 1989).

III.4.3. Procèdes de séparation par membranes

Est appelé membrane tout matériau qui mis sous la forme de parois minces (0.05 à 2 mm) a la propriété d'opposer une résistance sélective au transfert des différents constituants d'un fluide. Ces membranes sont connues depuis environ un siècle mais il a fallu attendre les années 60-70 avec l'avènement des membranes synthétiques pour voir ces procédés de séparations par membranes au stade industriels. Il existe aujourd'hui différents types de membranes : - Céramiques (à base de zirconium, carbone, alumine...) - Polymères (Degrémont, 1989).

III.4.3.1. Mécanismes de transfert au travers des membranes

Ils peuvent être classés en trois familles :

- **Filtration** Utilisation de membranes semi-perméables : la solution est concentrée par passage sélectif de l'eau alors que les autres composants du fluide plus ou moins arrêtés en surface de la membrane suivant leur taille. L'idéal est bien évidemment d'avoir une membrane qui n'est perméable qu'à l'eau.
- **Perméation** Même principe de fonctionnement mais en phase gazeuse
- **Dialyse** Les membranes utilisées permettent le passage sélectif ou non des ions, l'eau quant à elle ne traverse pas la membrane. Ces membranes peuvent être neutres ou chargées. La dialyse est donc un procédé de séparation par membrane des molécules ou des ions en solution au même titre que l'osmose inverse et l'électrodialyse (Degrémont, 1989).

III.4.3.2 Membranes semi-perméables ou de filtration

Pour ces membranes, l'eau est la phase transférée préférentiellement, sous l'effet d'un gradient de pression. Elles sont la plupart du temps décrites comme membranes de filtration et classées en fonction de leur taille de pores on a: Microfiltration: $2 \mu\text{m}$ - $0.02 \mu\text{m}$, Ultrafiltration: $0.02 \mu\text{m}$ - $0.002 \mu\text{m}$, Nanofiltration: $0.002 \mu\text{m}$ - $0.001 \mu\text{m}$, Osmose inverse: 10A-1A (Degrémont, 1989).

III.4.3.2.1. L'osmose inverse

Elle utilise les propriétés de membranes semi perméable à travers lesquelles l'eau migre, alors que tous les solutés sont rejetés, à l'exception de quelques molécules organiques très voisines de l'eau. Si l'on sépare une solution saline concentrée d'une solution plus diluée par une telle membrane, la différence de potentiel chimique tend à faire passer l'eau du compartiment à base potentiel vers celui à potentiel plus élevé pour diluer celui-ci (Osmose directe). Si l'on veut empêcher cette diffusion, il faut exercer une pression sur le fluide "filtré". A l'équilibre, la différence de pression ainsi créée est appelée pression osmotique du système, une équation simple relie pression osmotique et concentration: (Voir Figure08)

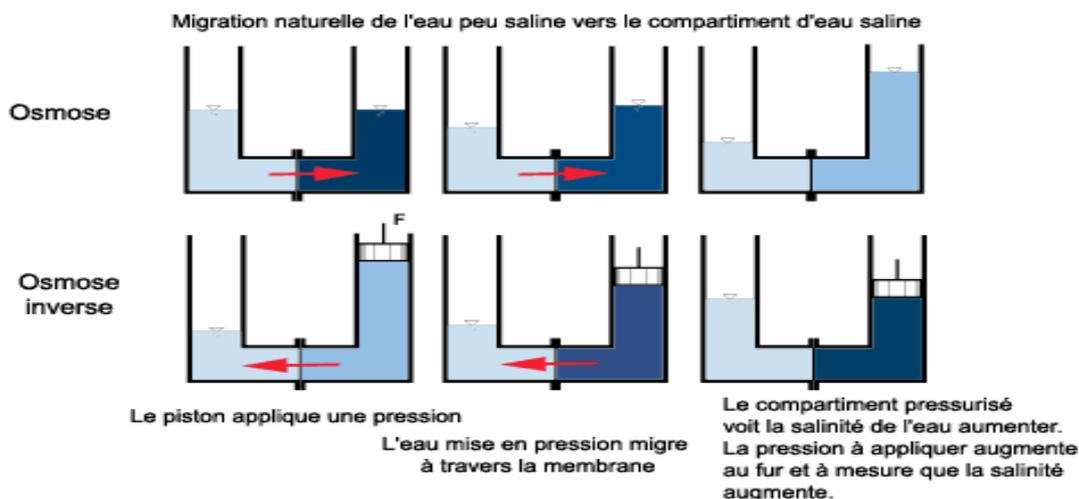


Figure 08 la migration de l'eau dans l'osmose et l'osmose inverse

$$\pi = \Delta C \cdot R \cdot T$$

π pression osmotique en Pa , ΔC différence de concentration en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$
 R constante des gaz parfaits $8.32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$, T température en Kelvin

Pour obtenir des débits économiquement intéressants, il faut travailler au moins à deux fois la pression osmotique (eau de mer : pression nécessaire de 50-80 bars). Le procédé d'osmose inverse permet de séparer les solides dissous, la matière organique, les virus et bactéries de l'eau. Ce procédé abouti à de très bons résultats, car il peut éliminer de 95 à 99% des particules solides dissoutes et 99% des micro-organismes et les applications sont nombreuses depuis la fabrication d'eau de boisson (désalinisation d'eau de mer : l'île de Malte, des pays du Golfe Persique en sont équipés) ; à l'amélioration de la qualité d'eau de boisson (osmoseur domestique) ; à la fabrication d'eau ultra- pure (Degrémont, 1989).

III.5. DESCRIPTION DES PRINCIPALES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX APPLIQUEES PAR "FRUITAL"

III.7.1.Captage d'eau souterraine :

Le captage des eaux des nappes ou niveaux aquifères peu profonds (nappes alluvionnaires ou nappes phréatiques des plaines) peut s'effectuer par puits ou par

galerie. Pour des nappes profondes (au-delà de 50 à 80 m), le système du puits est trop onéreux ou impraticable. On utilise alors des forages ayant des diamètres compris entre 0.1 et 1m.

III.5.2.Transport et stockage

Le transport est nécessaire entre le point de captage et le point d'utilisation; dans la pratique ces points sont relativement éloignés l'un de l'autre. L'eau est alors transférée par des conduites métalliques (acier) vers des bâches de stockage.

III.5.3.Décantation et désinfection

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de sable fin qui s'accumule au fond des bâches de stockage. La désinfection s'effectue par NaOCl par dosage entre 01et 03 ppm. Elle vise à assurer la qualité bactériologique.

III.5.4.Filtration à sable

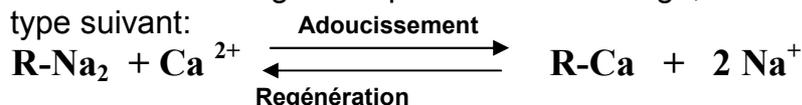
C'est une opération destiné à clarifier l'eau qui contient des matières en suspension. L'eau à filtrer passe à travers un lit filtrant constitué de matériau granulaire, les matières en suspension sont retenues dans les espaces intergranulaires du filtre. Ainsi l'eau filtrée sorte moins trouble et limpide

III.5.5.Filtration à charbon activé

Charbon activé élimine les composants organiques dissous dans l'eau par adsorption a sa surface ainsi on peut éliminer des polluant organique dissous, responsable de la couleur, les goûts et les odeurs, comme substance humique, les détergents, les colorants solubles, les solvants chlorés, les phénols et les crésols, ainsi que plusieurs substance toxiques non biodégradables.

III.5.6. Adoucissement par filtre à résine

La Résines nous permet d'éliminer la dureté d'une eau grâce a sa structure moléculaire en faisant un échange ionique entre elle et le liquide objet de traitement sans modification du nombre total de charge du liquide avant l'échange, la réaction d'adoucissement est du type suivant:

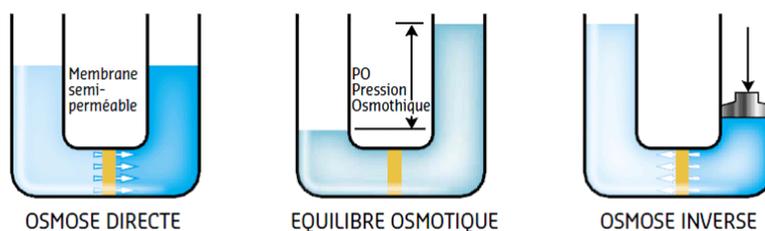


III.5.7. Filtration à cartouches (10 à 100 microns)

C'est une filtration anti particulaire qui retient les micros particules en suspension telles que résidus de sables poussières, fines particule de cendre de charbon activé etc. Le but de ce traitement est d'assurer la rétention de matières en suspension présentes éventuellement dans l'eau mais également de protéger des installations de filtration plus fines en aval.

III.5.8.Déminéralisation par osmose inverse

L'osmose inverse consiste à faire passer l'eau au travers de membranes semi-perméables, sous l'effet de la pression différentielle. Elle permet de conserver à la fois les ions monovalents et les ions bivalents. Le taux d'élimination est exprimé en pourcentage de la salinité totale, la réduction de salinité de l'eau saumâtre est supérieure à 92% contre plus de 98,5% pour l'eau de mer. (Voir Figure 09)



Principe de fonctionnement de l'osmose inverse

Figure 09 : principe de fonctionnement de l'osmose inverse

Les principaux paramètres pris en compte dans les systèmes d'osmose inverse sont :

- La salinité et la qualité de l'eau d'alimentation
- Le taux de récupération
- La température de l'eau
- La pression de service
- Les spécifications de qualité de l'eau produite

La fiabilité de fonctionnement et la durée de vie des systèmes d'osmose inverse dépendent de la qualité du prétraitement mis en œuvre dans la filière.

III.5.9. Traitement finale Désinfection par Ultra-violet

Le rayonnement UV du spectre électromagnétique se caractérise par leurs effets bactéricides. Les longueurs d'ondes spécifiques responsables de ces effets sont celles situées entre 240 et 280 nanomètres (nm), avec un pic à 253.7 nm. Ces longueurs d'onde sont situées dans le domaine des UV-C.

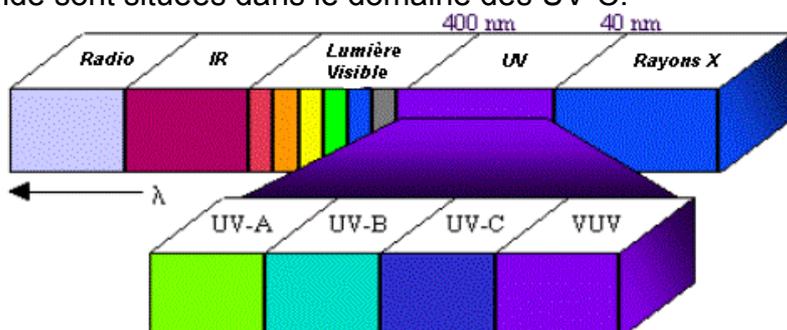


Figure 10: Localisation des UV-C dans le spectre électromagnétique.

Lorsqu'un micro-organisme est exposé à un rayonnement UV-C, le noyau de la cellule est atteint, et la duplication de l'ADN est stoppée. Les rayonnements UV ont un effet sur l'ADN, l'acide nucléique et les enzymes. Les organismes pathogènes sont donc inactivés ou détruits. Efficace pour tous les microorganismes, elle ne génère pas de sous produits gênants, mais présente cependant l'inconvénient d'un suivi plus délicat (contrôle du rayonnement émis, vieillissement ou défaillance des lampes).

III.6. DESCRIPTION DES DIFFERENTES ETAPES APPLIQUEES DANS LES PROCEDES D'EMBOUEILLAGE DE L'USINE FRUITAL

Toutes les machines sont reliées entre elles par des convoyeurs en acier inoxydable. L'ensemble est implanté afin qu'un seul ou deux opérateurs selon les cadences puissent le conduire ou le surveiller.

III.6.1. La souffleuse (pour PET)

Transforme les préformes PET en bouteilles vides sous l'action de chauffage par lampes infrarouge et soufflage par haute pression d'air. Ainsi Les préformes sont placées sur un moule en rotation dans un four où elles prennent leur formes caractéristiques d'une bouteille dans un bref délai.

III.6.2. Le convoyage des bouteilles formées (pour PET)

Les bouteilles sont transportées par l'intermédiaire d'un convoyeur pneumatique à une vitesse de 60 Km/h. L'acheminement est effectué par fil autoguidé sur rail. Ainsi aucune main-d'œuvre humaine n'est nécessaire.

III.6.3. La rinceuse

Le traitement de la bouteille avant le remplissage peut se faire par air stérile ou eau, il doit être dans tous les cas d'une durée suffisante pour assurer un bon traitement.

III.6.4. Le mixeur

Il réalise le mélange entre les différents ingrédients comme l'eau - CO₂ et Sirop fini, il est doté des techniques nécessaires pour assurer les conditions suffisantes pour aboutir à ce but. Toute en déterminant avec une plus grande exactitude les proportions correctes de chaque produit à produire, puis envoie le mélange à la remplisseuse.

III.6.5. La soutireuse

Élément très important. Elle réalise le remplissage des bouteilles vides, c'est un processus complexe qui requiert une précision totale à chaque étape. La synchronisation est essentielle.

La conception des becs de remplissage doit assurer un non retour de l'air contenu dans la bouteille ainsi que de l'eau du trop plein de niveau vers la cuve de remplissage. Il convient donc d'évacuer l'air à l'extérieur par une canule spéciale. Les niveaux de remplissage doivent être réguliers et constants. On s'assurera donc qu'il n'y a aucune possibilité de contamination de l'eau de par le procédé de remplissage et de mise à niveau. Cette machine peut être reliée en synchrobloc avec la rinceuse et / ou la capsuleuse en aval. Rinceuse et soutireuse doivent être en acier inoxydable, et facilement stérilisables.

III.6.6. La capsuleuse (Bouchonnage)

En fonction du type de capsuleuse choisi : opercule, vis etc., cette machine sera montée en synchrobloc ou en monobloc avec la soutireuse. Elle devra disposer d'un système de distribution d'alimentation et de contrôle de présence capsules fiable, garantissant la non contamination des capsules. Cette alimentation peut être constituée d'un bac de grande contenance placé au sol à une distance convenant à l'implantation et au stockage des capsules, ce bac étant relié à la trémie de la capsuleuse par un système d'alimentation automatique. Les capsules doivent être livrées dans des emballages stériles.

III.6.7. L'étiqueteuse

Les bouteilles sont emmenées à l'étiquetage où elles subissent une simple étape automatisée de collage d'étiquette. Pour les étiquettes entourantes, il est conseillé un étiquetage par colle à chaud qui donne une meilleure présentation en plus d'assurer une plus grande fiabilité dans le système d'étiquetage. Sa cadence devra être légèrement supérieure à celle du groupe de remplissage.

III.6.8. Le codeur

Réalise le codage. Le codage s'effectue grâce à une inscription au laser où y est inscrit date de fabrication, date de péremption, heure, le code de l'usine et la ligne de production. Chacune des boissons est marquée d'un code spécial qui identifie les informations spécifiques de celle-ci. Le codage des produits permet d'assurer la

traçabilité totale permettant de rétroagir sur la ligne de production lorsqu'une anomalie est détectée dans le commerce.

III.6.9. La fardieuse

Réalise l'emballage et le Fardelage, la fardieuse regroupe les bouteilles en lots de six généralement. Ces lots sont entourés d'un film de plastique qui est ensuite thermo rétracté. Elle peut former des lots de 4, 6 ou 12 bouteilles selon la demande puis ils sont enveloppés par film en plastique sous température élevée qui prend la forme du lot constitué.

III.6.10. Le palettiseur

Il groupe un ensemble de fardeaux ou de caisses de bouteilles pour former une palette. Pour la forme PET, une feuille de carton intercalaire est placée entre chaque couche constituant la palette.

III.6.11. Le gerbage et le banderôlage

Le Gerbage et banderôlage des palettes se fait à partir de gaines plastique thermo rétractables. Enfin les palettes sont prises en charge par un convoyeur automatique.

III.6.12. Le dépalettiseur (pour Verre)

Elle désassemble une palette de caisses de bouteilles en caisses sur un transporteur à rouleau.

III.6.13. La décaisseuse (pour Verre)

Elle enlève les bouteilles qui sont dans les caisses et met les bouteilles sur un transporteur à rouleau et les caisses sur un autre transporteur à rouleau.

III.6.14. L'encaisseuse (pour Verre)

Elle met les bouteilles dans les caisses transportées par transporteur à rouleau.

III.6.15. La laveuse caisse (pour Verre)

Elle permet le nettoyage et le lavage des caisses à l'aide d'un dispositif adopté à ce but

III.6.16. La laveuse bouteilles (pour Verre)

Elle permet le nettoyage et le lavage externe et interne des bouteilles par un dispositif adopté à ce but en utilisant de l'eau chaude et des solutions de détergent. Pour garantir la qualité, chaque bouteille est lavée, désinfectée et rincée avant d'être remplie. Pour être certain que ces bouteilles respectent les standards de propreté, elles sont tout d'abord nettoyées par des jets de pré rinçage qui enlèvent toute saleté ou résidu. Puis, on les soumet à un trempage à haute température qui enlève toute impureté qui pourrait subsister et désinfecte chaque bouteille. Les bouteilles continuent alors leur parcours vers un bain de détergent de soude caustique à 2% où elles sont à nouveau lavées à l'aide d'un jet haute pression. Enfin, les bouteilles sont rincées par des jets d'eau fraîche avant d'être vérifiées visuellement et/ou électroniquement. Les bouteilles sont séchées à l'air comprimées tout en étant retournées. Elles sont ensuite acheminées vers la soutireuse.

III.6.17. L'inspectrice produit fini

Elle contrôle le niveau de remplissage, calcule le nombre de bouteilles produites.

III.6.18. L'inspectrice bouteilles vides (pour Verre)

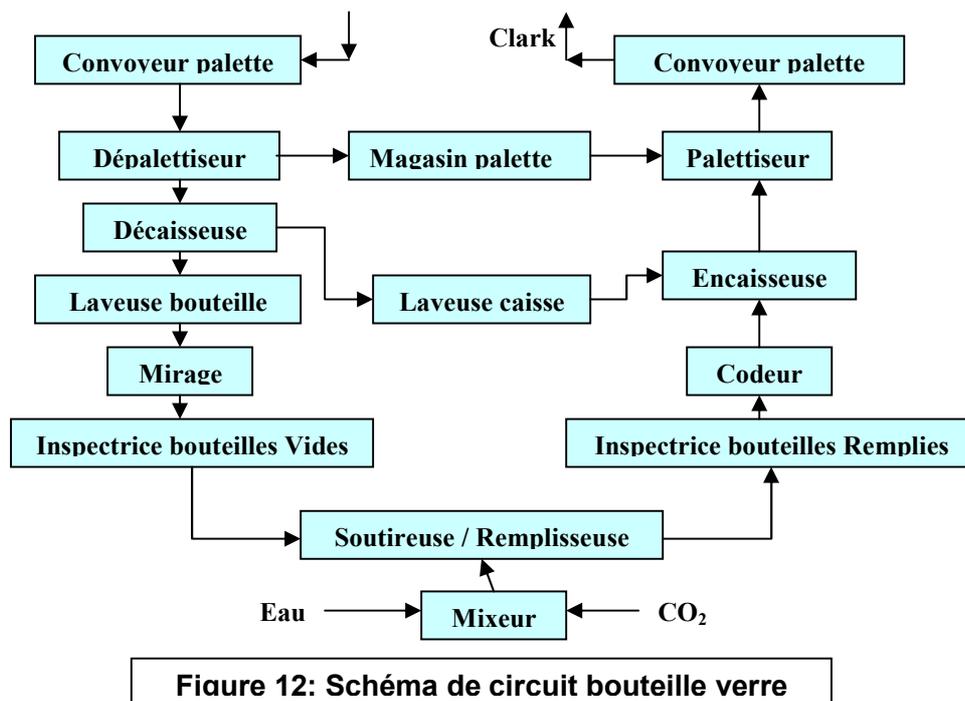
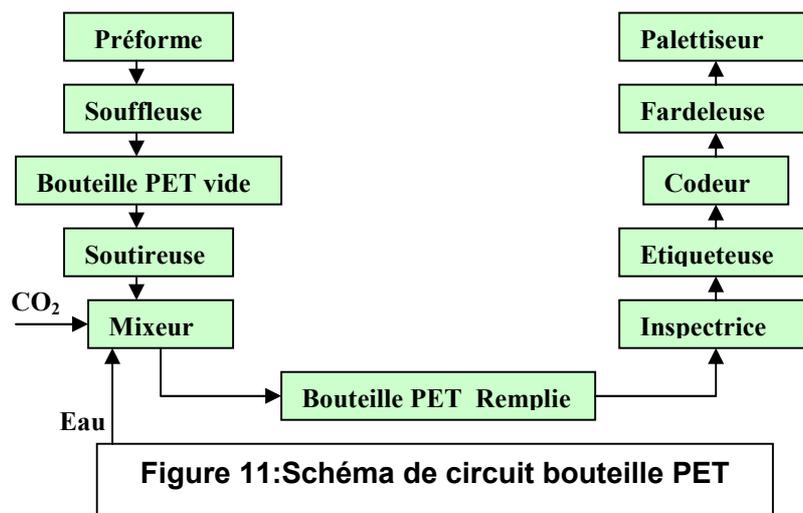
Elle contrôle les différentes anomalies relevées sur les bouteilles vides comme défauts de fabrication, élément étrange dans la bouteille, cassure, taches de propreté ...etc.

III.6.19. Le mirage (pour Verre)

C'est une plaque lumineuse dans laquelle les bouteilles sont éclairées par la lumière et exposées un l'observation d'un opérateur contrôleur pour détecter les anomalies probables.

III.7. LE PRICIPE DES PRINCIPAUX LIGNES D'EMBOUEILLAGE DE L'USINE "FRUITAL"

Les principaux étapes qui se déroulent dans les procédés d'embouteillage de l'usine 'fruital' sont représentés dans les organigrammes et schémas descriptifs suivants ; Voir Figures N°11, 12, 13.a, 13.b.



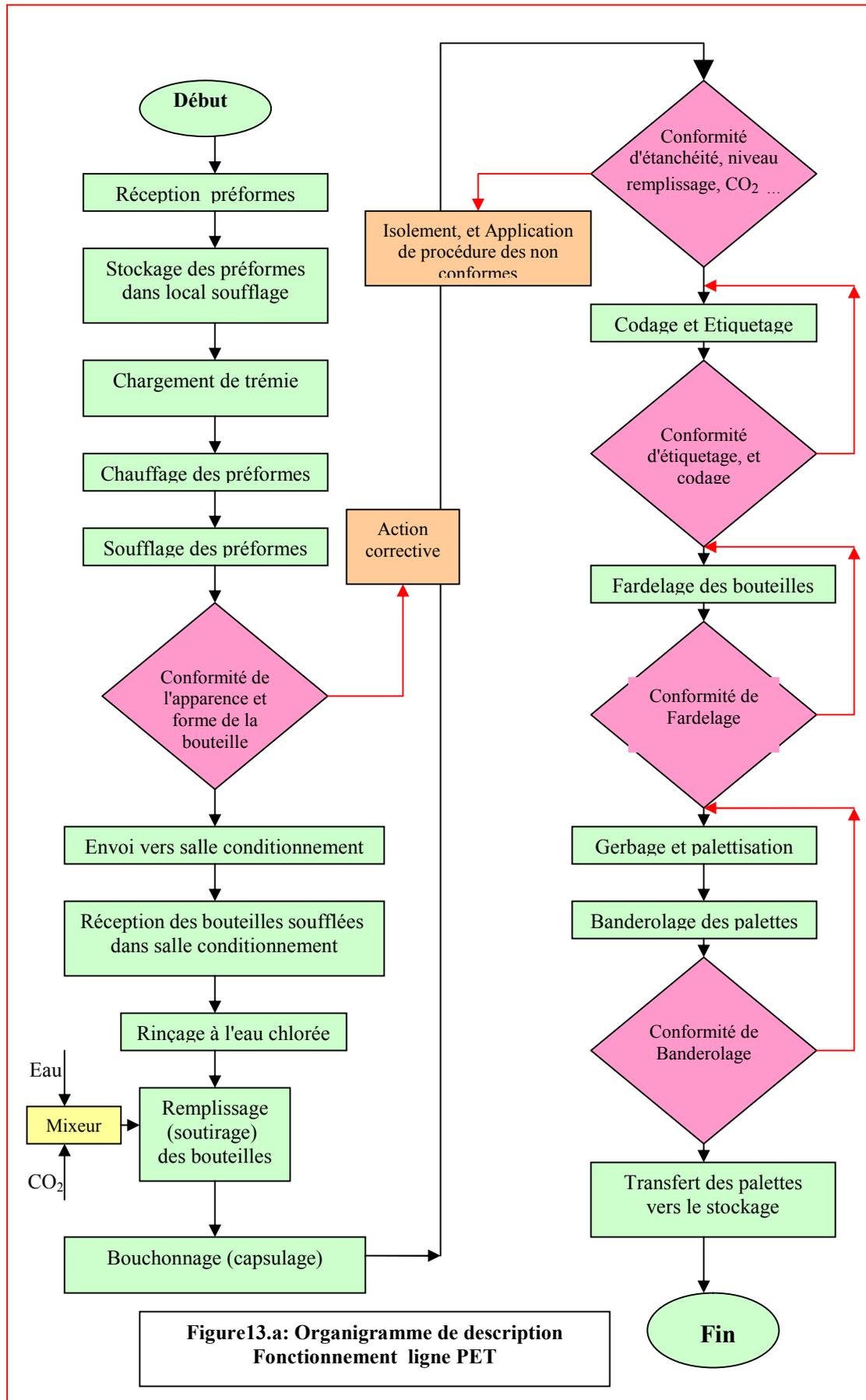
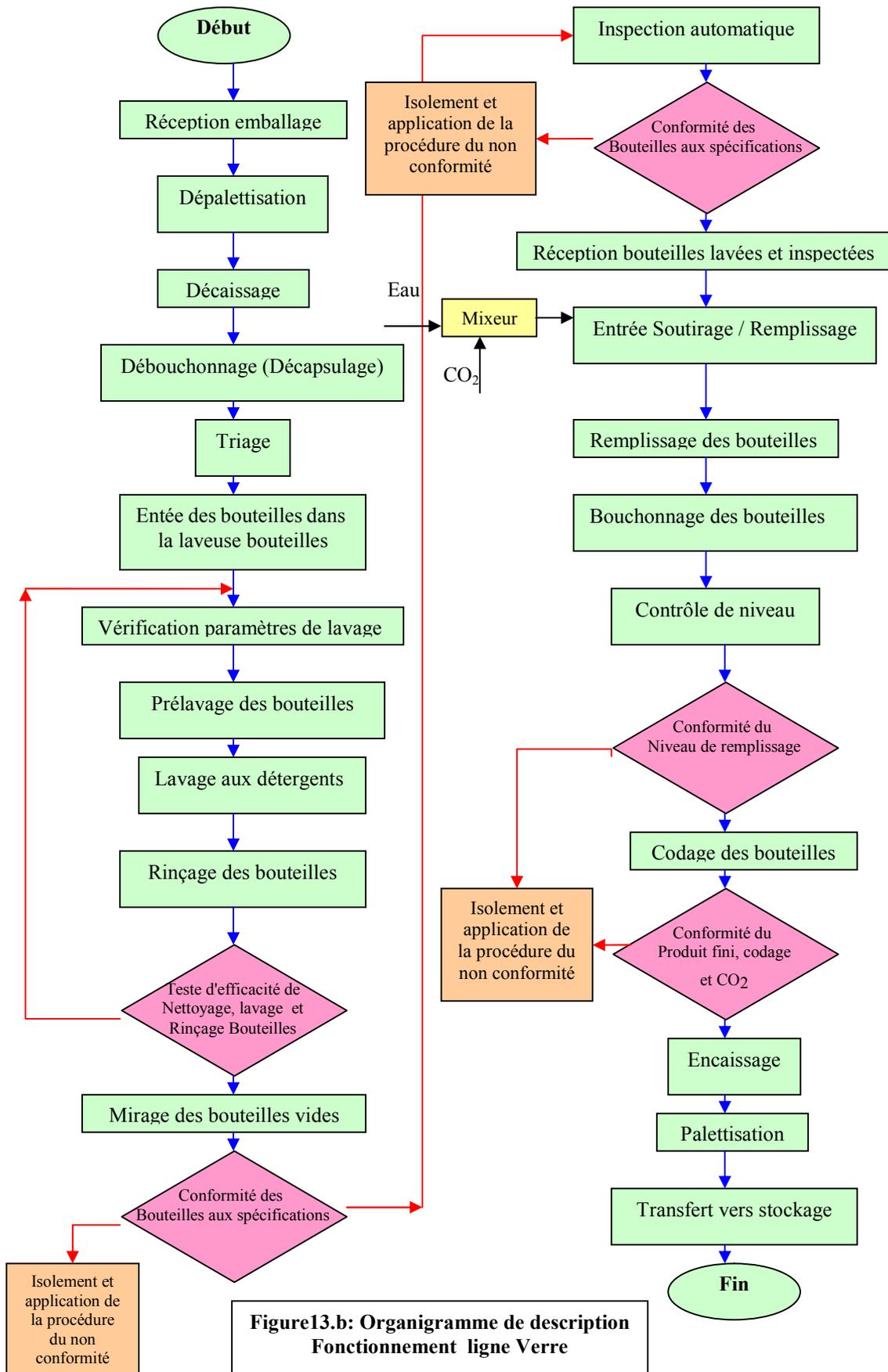


Figure13.a: Organigramme de description Fonctionnement ligne PET



PARTIE II
EXPERIMENTATION ET
RESULTATS

CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES

I. MATERIEL ET METHODES

I.1. HISTOIRE DE FRUITAL

Fruital Spa a vu le jour en 1993, elle disposait alors d'une usine à Khemis-Khechna (fruital I), elle c'est spécialisée dans la production de cannettes et de bouteilles en plastique PET1,5L

Dotée alors, d'une capacité de production prodigieuse et de moyens à la pointe de technologie performante ceci lui a valu d'être placé au rang de l'unité de fabrication la plus important d'Afrique du nord.

C'est alors que le géant du secteur de l'agroalimentaire, the coca-cola Company, fabricant de boissons non alcoolisées, lui octroie une licence pour la production et la commercialisation de gamme de produits en Algérie. Avec un succès grandissant, une deuxième usine démarre son activité en juin 1997, qui est aujourd'hui l'usine que tout le monde connaît de Fruital Spa.

Le 15 mars 2006, le groupe Equatorial Coca-cola Bottling Company (ECCBC) entre dans l'activité de la société Fruita. L'objectif principal étant de développer l'activité de fruital Spa.

I.2. DESCRIPTION DE L'UNITE DE PRODUCTION (Fruital Coca-Cola)

Nom de l'usine : Fruital Coca Cola de Rouïba

Localisation de L'usine : L'usine Fruital Coca Cola, (Voir Figure14 et 15) est située dans la commune de Rouïba à une trentaine de kilomètres de la capitale Alger.

Date de création: 1996, **Superficie de l'usine :** 51 000 m²

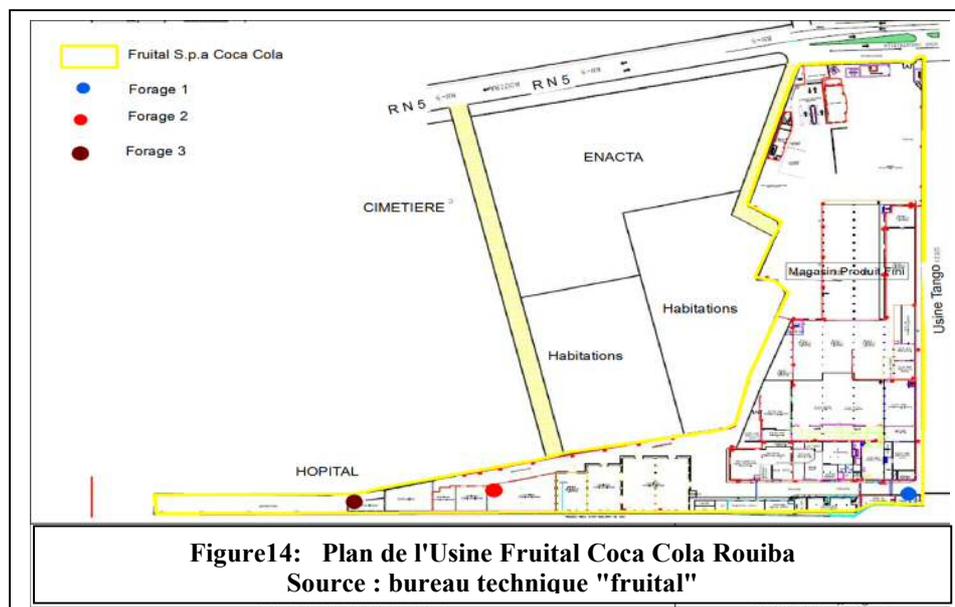
Nombre de lignes de production : Actuellement l'usine dispose au total de six lignes d'embouteillage (deux lignes verre 0,3 L et 1 L., trois lignes PET et une ligne Cannel). Une siroperie et une ligne fabrication caisses plastique.

Marques produites : Coca Cola, Coca Cola light, Coca Cola zero, Fanta, Sprite, Schweppes, Burn et Minute Maid Pulpy.

Activités principale : Fabrication, embouteillage et commercialisation des produits de la compagnie Coca Cola avec la licence d'embouteilleur exclusif de Coca Cola

Marché : Algérie , **Employés :** Environ 900 employés

Heures d'Opération : L'usine fonctionne 24/24 heures grâce à une rotation de shift de 8 heures 06h-14h ; 14h-22h ; 22h-06h et l'équipe de gestion et bureaux : 08h-14h. Voir Figure14 : Plan de l'Usine



I.3. DESCRIPTION DU SITE (Fruital Coca-Cola)

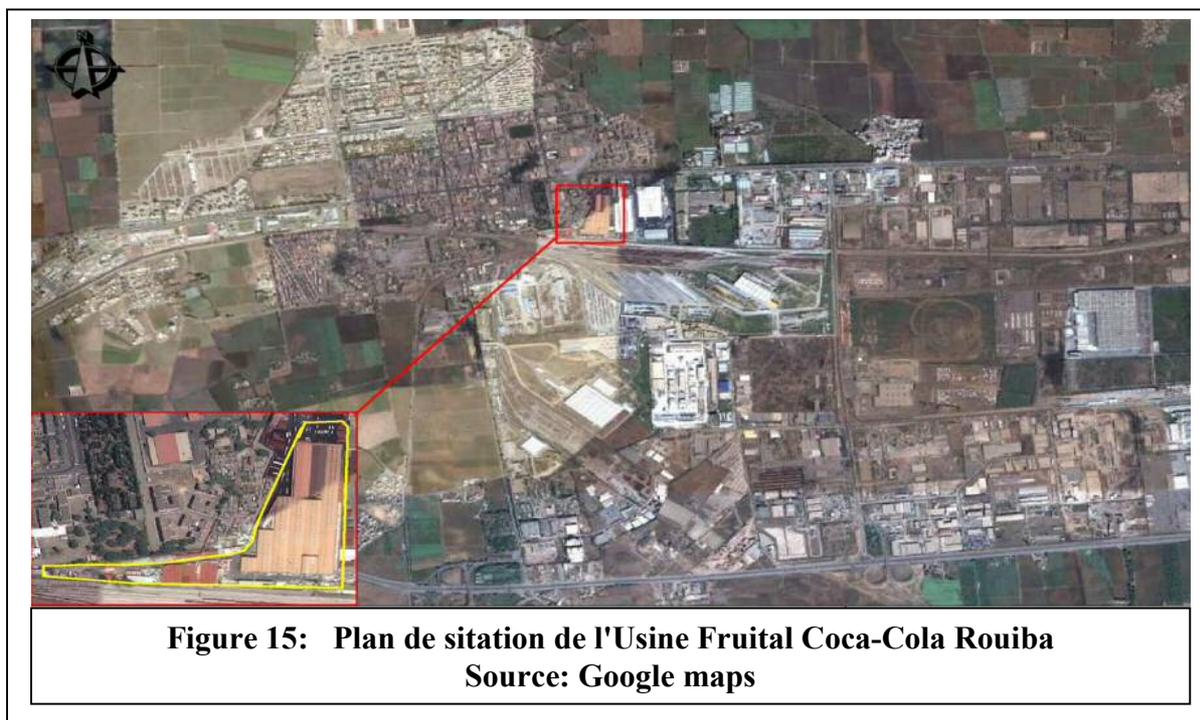
Occupation des terres environnantes

Fruital Coca Cola est située dans la frontière de la zone industrielle la plus importante d'Algérie (Voir Figure 15) et de la ville de Rouïba dans un lieu à forte agglomération urbaine

Occupation des terres avoisinantes

Dans l'environnement immédiat l'usine Fruital Coca Cola Rouïba est limitée :

- au Nord par la RN N°05 ;
- à l'Est par Pepsi Cola et Tango ;
- au Sud par la ligne ferroviaire reliant Alger à Thénia (secteur Est) ;
- à l'Ouest par des Habitations, ENACTA et Hôpital.



I.4. METHODE DE CAPTAGE

L'usine Fruital Coca Cola de Rouïba est alimentée principalement par forages

I.5. DESCRIPTION DE LA SOURCE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

La Plaine de la Mitidja s'allonge d'Est en Ouest sur une centaine de kilomètres. Sa largeur varie de 5 à 20 km. Elle est divisée en deux unités physiques du point de vue du relief: la basse Mitidja ou Mitidja Est: traversée par les oueds d'El Harrach, Hamiz, Réghaïa, et Boudouaou, la haute Mitidja ou Mitidja Ouest: elle est traversée par le oued Mazafran et ses principaux affluents (Oueds Djebel, Bouroumi et Chiffa) (Kamel TOUATI et al, 2004).

Géographiquement, elle chevauche quatre wilayas, (Alger, Blida, Boumerdes et Tipaza). Et sa nappe considérée comme la principale réserve d'eau souterraine de la région, est soumise à une surexploitation de la ressource en eau compte tenu du développement démographique et économique dans la région.(Voir annexe I Figure 18)

L'exploitation irrationnelle s'est accompagnée de rabattements considérables du niveau de la nappe superficielle ou le principal problème de pollution identifié reste la présence de nitrate à des concentrations élevées dues essentiellement à l'infiltration des eaux chargées d'engrais apportés en excès aux cultures (GIRE Algérois).

I.6. DESCRIPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT D'EAU

La station de traitement des eaux est équipée des équipements suivants.

- 03 forages dont la profondeur varie entre 90m et 150m.
- Deux bâches à eaux de capacité de stockage de 700m³ chacun.
- Deux cuves de décantation de 17m³ de volume.
- 04 filtres à sable de diamètre 2m formés de cinq couches de sable quartzeux stratifié (Voir annexe I Figure 19, 21,).
- 04 filtres à charbon actif de diamètre 2m formés de trois couches de sable quartzeux stratifié et d'une couche de charbon actif (Voir annexe I Figure 20,21).
- 03 osmoseurs de 18 membranes (Voir annexe I figure 61).
- 02 osmoseurs de 42 membranes (Voir annexe I figure 62).
- Une unité d'adoucissement de deux filtres à résine de diamètre de 2m chacun et formé d'une couche de résine échangeur de cation (Voir annexe I figure 21).
- Un osmoseur de récupération rejet de 48 membranes (Voir annexe I figure 63).
- Des filtres ultra-violet
- Des cuves de stockage en fibres verre pour l'eau osmosée et adoucie (Voir Figure16)

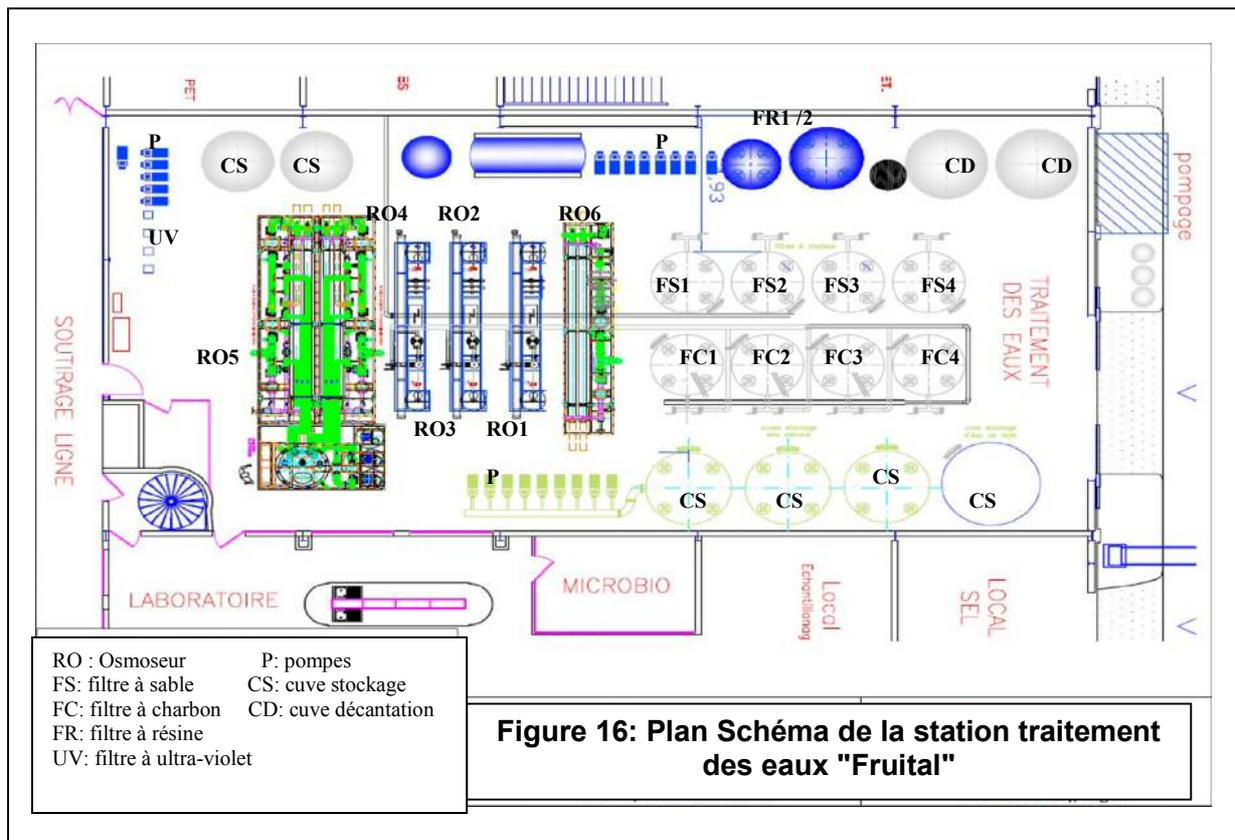
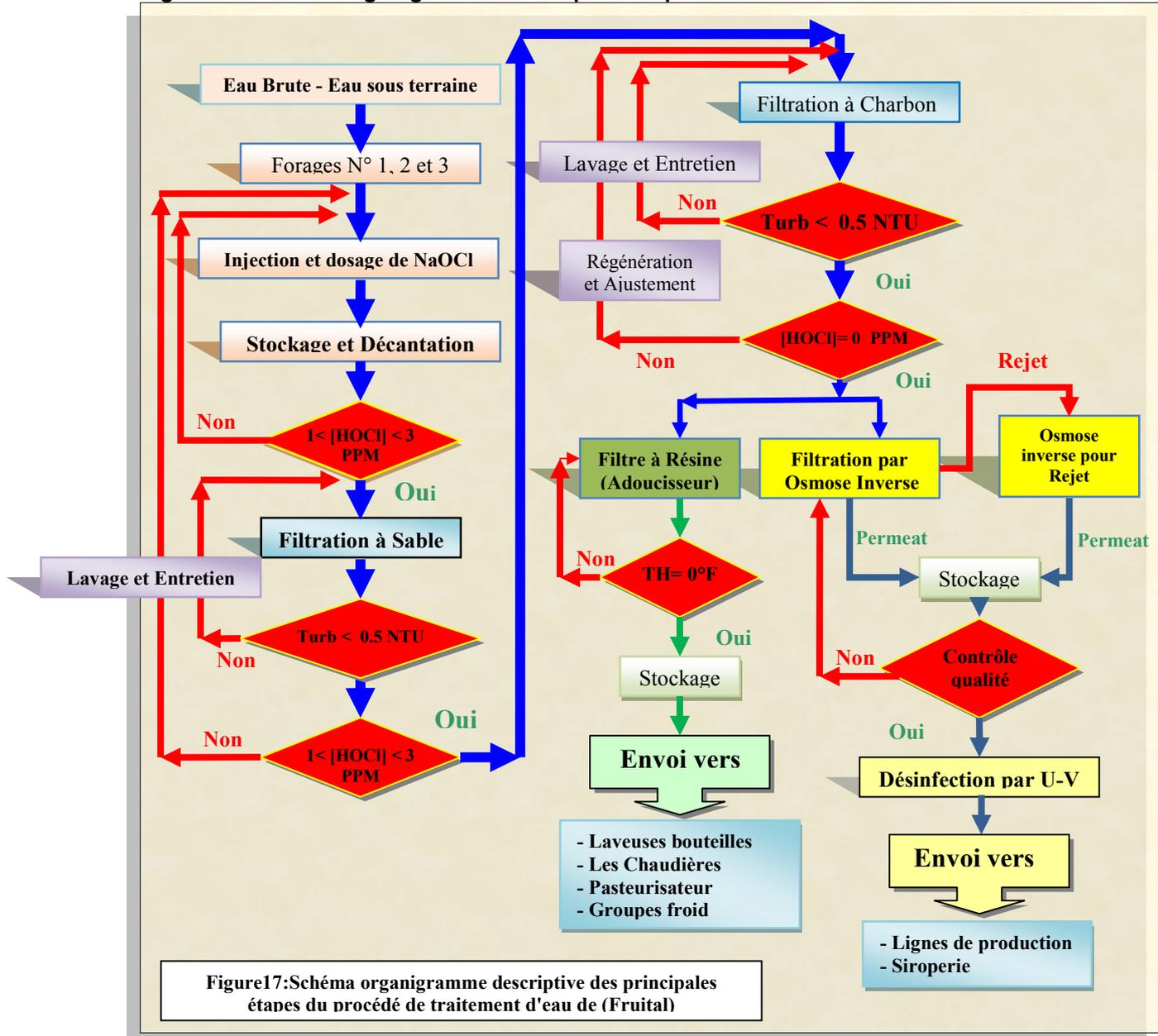


Figure 16: Plan Schéma de la station traitement des eaux "Fruital"

I.7. DESCRIPTION DU PROCEDE DE TRAITEMENT D'EAU DE FRUITAL

Le résumé de la description des principales étapes et fonctionnement du procédé de traitement qui se déroulent dans la station sont représentées dans la figure suivante:

Figure 17: Schéma Organigramme descriptive du procédé de traitement d'eau de "Fruital"



I.8. LES PRINCIPALES OPERATIONS DE MAINTENANCE PHYSICO-CHIIMIQUES APPLIQUEES PAR LA STATION

Pour les forages

Chloration mensuel des puits de forage et nettoyage si nécessaire.

Pour les bâches et cuve de stockage

Chloration hebdomadaire et nettoyage si nécessaire.

Pour les filtres à sable

Lavage hebdomadaire à Contre courant et à Co-courant par l'air et l'eau.

Pour les filtres à charbon

Lavage hebdomadaire à Contre courant et à Co-courant par l'eau, et régénération semestrielle par la vapeur.

Pour les osmoseurs

Lavage chimique en utilisant la soude caustique et acide chlorique ou acide acétique suivie d'une désinfection par peroxyde.

Pour les adoucisseurs

Lavage à Contre courant et à Co-courant suivie d'une régénération par la saumure de NaCl

- **Normes de qualité appliquée sur l'eau de process par L'unité Fruitale**

- Le gout : pas de mauvais gout, - l'odeur et aspect : néant, - TAC (mg/L) < 85 mg/L,
- Turbidité < 0,5 NTU, -TDS (mg/L) < 500 mg/L, pH ≥ 4,9.

I.9. DESCRIPTION DE L'ETAT DES BESOINS ET LA CAPACITE PRODUCTIVE EN DEBIT D'EAU DE LA STATION TRAITEMENT DES EAUX

Les débits d'alimentation et de production des équipements de La station de traitement des eaux de Fruitale sont décrits comme suit :

- Trois forages qui débitent un débit total d'ordre 300 m³/h
- Quatre filtres à sable type filtre sous pression dont le débit maximal 100 m³/h pour chacun
- Quatre filtres à charbon type filtre sous pression dont le débit maximal 100 m³/h pour chacun
- Une unité d'adoucissement formée de deux adoucisseurs dont le débit maximal 70 m³/h pour chacun
- Six osmoseurs décrits comme suit:
 - Trois osmoseurs formés pour chacun de 18 membranes dont le débit d'alimentation d'ordre 35 m³/h et qui débite 26 m³/h de permeat et de 9 m³/h de rejet.
 - Deux osmoseurs formés pour chacun de 42 membranes dont le débit d'alimentation d'ordre 53 m³/h et qui débite 40 m³/h de permeat et de 13 m³/h de rejet.
 - Un osmoseur de récupération rejet formés de 48 membranes dont le débit d'alimentation d'ordre 68 m³/h et qui débite 42 m³/h de permeat et 26 m³/h de rejet.

De ces données on peut décrire l'état des besoins en eau et la capacité de production d'eau de process, en se basant sur les entrées et les sorties en débit d'eau , les résultats sont résumés dans les tableaux N°05 et N°06, le calcul du débit maximum corresponde au fonctionnement total de tous les équipements de traitement, celle du débit minimal correspond au fonctionnement minimal d'équipement de filtration.

Tableau N°05: de l'état des besoins en débit eau

Debit (m ³ /h)	Forages	traité par Filtres sable	traité par Filtres charbon	alimentation adoucisseurs	alimentation Osmoseurs 1,2,3,4,5	Q en excès
Q max	300	300,0	300,0	70	211	019
Q min	300	075,0	075,0	40	035	225
Qmoyen	300	187,5	187,5	55	123	122

Tableau N°06: de l'état de capacité de production en débit d'eau de process

Debit(m ³ /h)	permeat Osmoseurs 1,2,3,4,5	permeat Osmoseur récupération rejet	Permeat Total
Debit max	158	42	200
Debit min	026	00	026
Debit moyen	092	21	113

Observation : le débit en excès serre pour faire le nettoyage et les travaux de maintenance physico-chimique des équipements comme le lavage a Contre courant et Co-courant des filtres à sable, à charbon et à résine le lavage chimique des membranes la régénération des adoucisseurs ou du charbon actif.

I.10. CALCUL DES BESOINS EN DEBIT D'EAU POUR LA REMINERALISATION

Le débit de reminéralisation est extrait du débit en excès pour ne pas affecter la rentabilité et l'efficacité du procédé appliqué afin de satisfaire aux différents demandes en eau de process et d'eaux nécessaires a l'alimentation des différents services de l'unité Fruitai.

On faisant le rapport Volume d'eau traitée par filtre a charbon sur volume d'eau de process (ou permeat) on obtient le tableau N°07 suivant:

$$\text{Débit reminéralisation} = (V_{ET}/V_{\text{permeat}}) * \text{Débit permeat}$$

Tableau N°07 : Débit de reminéralisation dans le cas de besoin maximal

$V_{ET}/V_{\text{permeat}}$	debit (m ³ /h) reminéralisation	Comparaison avec le débit en excès
0,01	002	acceptable < 19 m ³ /h
0,02	004	acceptable < 19 m ³ /h
0,03	006	acceptable < 19 m ³ /h
0,04	008	acceptable < 19 m ³ /h
0,05	010	acceptable < 19 m ³ /h
0,06	012	acceptable < 19 m ³ /h
0,07	014	acceptable < 19 m ³ /h
0,08	016	acceptable < 19 m ³ /h
0,09	018	acceptable < 19 m ³ /h
0,10	020	Non acceptable
0,20	040	Non acceptable
0,30	060	Non acceptable
0,40	080	Non acceptable
0,50	100	Non acceptable
0,60	120	Non acceptable
0,70	140	Non acceptable
0,80	160	Non acceptable
0,90	180	Non acceptable
1,00	200	Non acceptable

I.11. ECHANTILLONNAGE

Le programme d'échantillonnage a été réalisé par nous même, le nombre de prélèvements destinés à l'analyse physico-chimique et microbiologique a été déterminé selon le but de chaque expérience au cours de la durée de 15 jours du stage.

I.12. CONDITIONS DE PRELEVEMENTS

Nous avons apporté le plus grand soin aux prélèvements des échantillons d'eau pour que l'échantillon soit homogène et stable dans sa composition physico-chimique ou microbiologique tous les prélèvements ont été faites aux conditions normales de température et de pression.

I.13. TECHNIQUES DE PRELEVEMENT

Les prélèvements ont été réalisés à partir des robinets échantillonnage situés dans chaque équipement de filtration.

Le prélèvement de l'échantillon dépend des paramètres visés par l'analyse par exemple pour les paramètres indésirables en fer il mieux de prendre le premier prélèvement sans rincer la conduite.

Les échantillons sont transportés directement au laboratoire déjà sur site pour analyse sans être conservés ni transportés

I.14. MATERIELS

Agitateur magnétique, pH-mètre, Conductivimètre, TDS-mètre, Turbidimètre, photomètre PF-11, balance électrique, thermomètre.

Verrerie et autres

Fioles conique Erlenmayer, bécher, pipette éprouvette graduée, burette, eau distillée.

I.15. METHODES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

I.15.1. Mesure du pH de l'eau (Méthode potentiométriques)

Principe

Utilisation du pH mètre électronique. La méthode est donc potentiométriques

Appareillage (Voir Figure 23 en annexe VI)

pH mètre de paillasse: Denver Instrument UB-10 Deluxe Kit

Mode opératoire

- Appuyer sur On pour activer l'instrument ;
- Sélectionner le mode pH en appuyant sur Mode ;
- Retirer le capuchon d'humidification de l'extrémité de l'électrode ;
- Introduire l'électrode dans l'échantillon en sélectionnant la touche Read ;
- Sélectionner de nouveau Read pour figer la lecture ;
- Rincer l'électrode et mettre le capuchon d'humidification ;
- Appuyer sur OFF pour désactiver l'instrument.

I.15.2. Mesure de la Turbidité (Méthode par Néphélométrie)

Principe

La mesure de la turbidité utilise ce principe. Les particules contenues dans une eau diffusent plus ou moins la lumière. Si un observateur est placé sous un angle de 90° par rapport au rayon incident, il reçoit une quantité de lumière fonction des particules présentes. Certains appareils comparent la lumière diffusée à la lumière transmise pour tenir compte de matières qui diffusent peu la lumière. Les turbidités trouvées sont comparées à des étalons et exprimées en NTU (Degremont, 1989).

Appareillage

1-Turbidimètre HACH 2100P, (Voir Figure 24 en annexe VI)

2- Huile de silicone.

Mode opératoire

- 1- Remplir avec l'échantillon à analyser la cuvette au trait de jauge et la fermer, essuyer l'extérieur avec un chiffon propre ;
- 2- Nettoyer la cuvette avec de l'huile de silicone en utilisant un chiffon sec ;
- 3- Mettre la cuvette dans le puits de l'appareil ;
- 4- Allumer l'appareil et appuyer sur la touche READ pour lire la valeur ;
- 5- Noter la turbidité lorsque le symbole de lampe s'éteint.

1.15.3. Détermination de Conductivité et TDS par méthode potentiométriques

Principe

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique via les sels minéraux dissouts exprimé par le TDS. La conductivité électrique d'une eau (γ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ).

$\gamma = 1/\rho = (1/R) \cdot (L/S)$, γ : conductivité (en $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ ou S. m⁻¹), ρ : résistivité (en $\Omega \cdot m$).
R : résistance (en Ω). L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en m²) (Rodier, 2009).

Ces méthodes mettent en œuvre le plus souvent des électrodes spécifiques qui sont utilisées par immersion dans l'eau (Degrémont, 1989).

I.15.3.1. Mesure de la conductivité (Méthode potentiométriques)

Appareillage (Voir Figure 25 en annexe VI)

Conductimètre: Cyber Scan CON 110 Conductivity/TDS/Température

Mode opératoire

- 1- Sélectionner la gamme (conductivity) en appuyant sur Mode;
- 2- Après avoir rincé l'électrode avec la solution à mesurer, plonger l'électrode dans cette solution;
- 3- Lire la valeur donnée par l'appareil en $\mu\text{s/cm}$;
- 4- Après usage, toujours rincer l'électrode et l'immerger dans l'eau distillée;
- 5- Enregistrer les résultats sur l'enregistrement.

I.15.3.2. Mesure des sels dissous TDS (Méthode potentiométriques)

Appareillage (Voir Figure 25 en annexe VI)

Conductimètre: Cyber Scan CON 110 Conductivity/TDS/Température

Mode opératoire

- 1- Sélectionner la gamme (TDS) en appuyant sur Mode;
- 2- Après avoir rincé l'électrode avec la solution à mesurer, plonger l'électrode dans cette solution;
- 3- Lire la valeur donnée par l'appareil en ppm;
- 4- Après usage, toujours rincer l'électrode et l'immerger dans l'eau distillée;
- 5- Enregistrer les résultats sur l'enregistrement.

1.15.4. Mesure des Titres alcalimétriques TA et TAC (Méthode volumétrique par neutralisation acide/base)

Principe

De nombreux paramètres sont déterminés par volumétrie (alcalinité, dureté totale, ...) la détermination de ces paramètres s'effectue par utilisation de la verrerie tel que burette, erlenmeyer, éprouvette graduées, (Degrémont, 1989).

Le principe est Basé sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minérale diluée en présence d'un indicateur coloré

Matériels et réactifs

- Erlenmeyer, Indicateur P (phénolphtaléine), Burette, Acide sulfurique,
- Solution T (thiosulfate), Indicateur M (méthyle orange ou bien du méthyle rouge).

Mode opératoire

On mesure un échantillon d'eau de 100 mL et on ajoute trois ou quatre gouttes d'indicateur P (phénolphtaléine).

1^{ère} cas: si aucune coloration rose n'apparaît TA = 0

2^{ème} cas: si la solution vire au rose, on titre avec de l'acide sulfurique (0,02N)

Contenu dans une burette que l'on ajoute goutte à goutte, on arrête de verser lorsque la coloration rose disparaît complètement.

Calcul du titre alcalimétrique TA

Il faut multiplier par 10 le nombre de ml d'acide utilisé

$$TA = 10 \times \text{volume en mL (d'acide sulfurique 0,02N)}$$

Pour déterminer l'alcalinité totale, on ajoute 2 gouttes de solution T (Thiosulfate de sodium) dans l'échantillon précédent.

On ajoute trois ou quatre gouttes d'indicateur M (si on utilise du méthyle orange l'échantillon vire à l'orange, si on utilise du méthyle rouge l'échantillon vire au vert) en remuant, on arrête lorsque le virage de l'orange au jaune pâle se produira en cas d'utilisation du méthyle orange ou bien du vert au rouge en cas d'utilisation du méthyle rouge.

Calcul du titre alcalimétrique totale « TAC »

On multiplie par 10 le chiffre indiqué sur la burette.

$$TAC = 10 \times \text{le volume en mL (d'acide sulfurique)}$$

I.15.5. Mesure de la Dureté (Méthode volumétrique par complexométrie)**Principe**

Mesure globale des concentrations calcique et magnésique par la titration de ces deux ions en présence d'un indicateur coloré le N.E.T.

Matériels et réactifs

- E.D.T.A 0,02 N,
- Net (noir eriochrome) 0,4% (Alcool 96°),
- Solution tampon pH 10,
- Pipette, Burette, Bêcher,

Mode opératoire

Prendre 100 mL d'eau de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer, ajouter quelques gouttes de Net à 0,4% et 4 mL de la solution tampon pH 10 ;

Si la couleur est rouge vif ou bleu vert (violet) ; le TH est supérieur à 0 présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

On neutralise avec E.D.T.A 0,02N ;

La quantité en mL versée correspond au TH en degré français.

I.15.6. Mesure de la teneur de chlore libre et chlore total de désinfection (Méthode colorimétrique)**Principe**

Le chlore réagit avec le réactif DPD (N, N- Diéthylphénylène-1,4 diamine) pour former un complexe de couleur rose. (Voir Figure 26: en annexe VI)

Matériels et réactifs

- Comparateur LOUIBOND,
- Bâtonnet en verre ou équivalent,

- Pastille DPD1 pour le chlore libre dans le filtre a sable pastille DPD 4 ou DPD1 + DPD3 pour le chlore total dans le filtre à charbon.

Mode opératoire

1 - Prélever un échantillon d'eau à contrôler du filtre à charbon actif ou du filtre a sable, rincer la cuvette du comparateur avec de l'eau à contrôler et la remplir de 10mL de cette eau;

2 - Broyer la pastille de DPD1 ou DPD4 dans la première cuvette et remplir la deuxième cuvette avec la même eau placer les deux cuvettes dans le comparateur;

3 - Tenir le comparateur en face d'une source de lumière et faire tourner le disque jusqu'à l'obtention d'une couleur identique (la coloration rose indique présence de chlore et l'absence du chlore est indiquée par le non coloration de l'échantillon);

4 – Lire la valeur de la concentration du chlore qui correspond à la couleur;

5 – Enregistrer les résultats sur l'enregistrement.

1.15.7. Mesure du fer (Méthode colorimétrique)

Principe

Ces méthodes mettent en jeu des " réactions colorées " dont l'intensité de la couleur est évaluée au moyen de comparateurs possédant des disques, plaquettes ou bandes colorées servant d'étalons (Degremont, 1989)

Le principe colorimétrique de la détermination de fer total est basé sur la méthode 1,10 phénanthroline - utilisant FerroVer[®] réactif fer total

Appareillage

- Comparateur de fer HACH (Voir Figure 27: en annexe VI) ;
- Ampoule FerroVer.

Mode opératoire

1- Rincer et remplir les 2 tubes avec l'eau à analyser;

2- Placer les 2 tubes dans le comparateur;

3- Ajouter une ampoule FerroVer dans le tube de droite, bien agiter;

4- Comparer la couleur de l'échantillon avec celle de l'appareil et effectuer la lecture du fer en mg/L.

1.15.8. Détermination des paramètres chimiques (chlorure, phosphate, nitrite, nitrate et sulfate) par photomètre PF-11

Pour déterminer la quantité des substances toxiques (chlorure, phosphate, nitrite, nitrate et sulfite) dans l'eau on à utiliser le photomètre à filtre PF-11.

Par Le photomètre PF-11 on peut faire une analyse simple de l'eau par photométrie. On faisant la lecture directe en mg/L. (Voir Figure 28: en annexe VI)

Le photomètre PF-11 permet une exploitation photométrique des tests colorimétriques VISOCOLOR[®] qui donnent des résultats rapides et plus précis.

Pour des résultats encore plus précis on utilise des tests en cuves rondes NANOCOLOR[®] complétant ainsi la gamme de systèmes pour l'analyse photométrique de l'eau.

Principes analytiques (Colorimétrie)

Dans cette méthode colorimétrique, on tire profit de la propriété de certains réactifs chimiques à former un composé coloré avec la substance recherchée. L'intensité de la coloration croît avec la concentration de cette substance. Pour le test VISOCOLOR[®] Nitrite, par exemple, les réactifs forment avec les nitrites un colorant rouge proportionnel à la concentration.

Toutes les colorations résultantes seront comparées avec une échelle de couleurs. Après attribution à la coloration la plus proche ou même similaire, les résultats peuvent être lus directement sur le photomètre (MN. Catalogue PF-11).

I.15.8.1. Détermination de chlorure (Cl⁻)

Principe

Méthode au thiocyanate de mercure(II): les ions chlorures réagissent avec le thiocyanate de mercure(II) pour former du chlorure de mercure(II). Le thiocyanate libéré forme avec les ions fer(III) une couleur caractéristique orange. (MN. Catalogue PF-11).

Mode opératoire (Voir Figure 29 en annexe VI)

- 1- Rincer les tubes A et B;
- 2- Verser 5mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B;
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil;
- 4- Choisir le filtre N° 3 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil.
N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B;
- 5- Ajouter 10 gouttes de cl- 1 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 6- Ajouter 10 gouttes de cl- 2 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 7- Nettoyer le tube mesure B;
- 7- Laisser reposer pendant 1minute;
- 8- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer le chlorure. Puis click sur le bouton M;
- 9- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil.

I.15.8.2. Détermination de Phosphate (PO₄³⁻)

Principe

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide phosphomolybdique lequel sera réduit en bleu de molybdène (MN. Catalogue PF-11).

Mode opératoire (Voir Figure30 en annexe VI)

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B;
- 2- Verser 10 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B;
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil;
- 4- Choisir le filtre N° 6 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil.
N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B;
- 5- Ajouter 10 gouttes de Phosphate-1 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 6- Ajouter 10 gouttes de Phosphate -2 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 7- Nettoyer le tube mesure B;
- 8- Laisser reposer pendant 10 minutes;
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer le Phosphate. Puis click sur le bouton M;
- 10- Faire la lecture sur l'écran de l'appareil.

I.15.8.3. Détermination des Nitrites (NO₂⁻)

Principe

Les nitrites diazotent en milieu acide la sulfanilamide ou l'acide sulfanilique. Le sel de diazonium est couplé avec une amine aromatique pour former un colorant azoïque rouge (MN. Catalogue PF-11).

Mode opératoire (Voir Figure 31 en annexe VI)

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B;

- 2- Verser 05 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B;
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil;
- 4- Choisir le filtre N° 4 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil.
N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B;
- 5- Ajouter 04 gouttes de NO_2^- 1 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 6- Ajouter une cuillère de NO_2^- 2 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 7- Nettoyer le tube de mesure B;
- 8- Laisser reposer pendant 10 minutes;
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer les Nitrites. Puis click sur le bouton M;
- 10- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil.

I.15.8.4. Détermination des Nitrates (NO_3^-)

Principe

Les nitrates sont réduits en nitrites par un réducteur inorganique. Ensuite, une amine aromatique sera diazotée par les nitrites et simultanément couplée pour former un colorant azoïque rouge (MN. Catalogue PF-11).

Mode opératoire (Voir Figure 32 en annexe VI)

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B;
- 2- Verser 05 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B;
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil;
- 4- Choisir le filtre N° 3 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil.
N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B;
- 5- Ajouter 05 gouttes de NO_3^- 1 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 6- Ajouter une cuillère de NO_3^- 2 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 7- Nettoyer le tube mesure B;
- 8- Laisser reposer pendant 5 minutes;
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer les Nitrates. Puis click sur le bouton M;
- 10- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil

I.15.8.5. Détermination des sulfates (SO_4^{2-})

Principe

Le sulfate réagit avec les ions baryum pour former un précipité de sulfate de baryum. Dans des conditions particulières, on tire profit de cette turbidité pour déterminer la concentration (MN. Catalogue PF-11).

Mode opératoire (Voir Figure 33 en annexe VI)

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B;
- 2- Verser 10 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B;
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil;
- 4- Choisir le filtre N° 2 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil.
N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B;
- 5- Ajouter 10 gouttes de sulfate⁻ 1 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 6- Ajouter une cuillère de sulfate⁻ 2 au tube de mesure B. Fermer et mélanger;
- 7- Nettoyer le tube mesure B;
- 8- Laisser reposer pendant 1 minute;
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer les sulfates. Puis click sur le bouton M;
- 10- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil.

I.16. METHODE DE DETREMINATION DES CONDITIONS NECESSAIRES D'AMELIORATION DE L'EAU DE PROCESS

But: Le but de cette étude est de déterminer les conditions nécessaires pour rendre l'eau de process une eau potable, il est nécessaire pour les usages de consommation de la remettre à l'équilibre carbonique, en faisant les corrections nécessaires pour les anomalies relevées par analyse physico-chimique réalisée. Pour cela on opte en premier lieu au mixage de l'eau osmosée par une quantité d'eau traitée par filtre à charbon pour voir l'effet.

I.16.1. Etude de l'effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée.

But: C'est voir l'effet de la reminéralisation par l'eau traitée et la détermination de la quantité nécessaire pour cela.

Les critères de sélection de la quantité adéquate sont basés sur le choix du rapport ($V_{ET}/V_{permeat}$) qui doit satisfaire aux conditions suivantes:

- La quantité de reminéralisation doit être petite par rapport à la quantité a reminéralisée afin que l'efficacité et la rentabilité du procédé de traitement appliqué ne soit pas affecté,
- La quantité de reminéralisation doit être satisfaite et assuré en respectant l'état des besoins en débit résumé dans le tableau N°07,
- Les propriétés physico-chimiques de l'eau résultante de ce mixage doit répondre aux normes et critères de potabilité. décrites dans le journal officiel algérien

Mode opératoire

- Prélever une quantité suffisante d'eau traitée sortante du filtre a charbon activé,
- Prélever une quantité suffisante d'eau déminéralisée sortante de l'osmose inverse,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques des deux eaux prélevées,
- Réaliser des mélanges pour différents quantités volumiques allant 20 à 1000 cm³ pour un volume total de 1000 cm³ en dosant l'eau osmosée par l'eau traitée,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques de chaque mélange.

I.16.2. Etude du choix du correcteur pH

But: C'est de choisir une matière chimique qui corrige le pH de l'eau reminéralisée on le neutralisant pour un rapport ($V_{ET}/V_{permeat} = 0,09$). Le choix de la matière doit respecter les critères suivants:

- Qu'elle ne doit pas être très couteuse,
- Non toxique, ne génère pas des sous produits nuisibles,
- Stable (soluble),
- Ne génère pas un gout ou une odeur désagréable ou indésirable

Mode opératoire

- Prélever 80 mL d'eau traitée sortante du filtre a charbon actif,
- Prélever 920 mL d'eau déminéralisée sortante du Osmose inverse,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques des deux eaux prélevées,
- Réaliser des mélanges pour un pourcentage ($V_{ET}/V_{total}=8\%$) ou un rapport de **0,09**
- Mesurer les paramètres physico-chimiques du mélange,
- Peser une masse de 100 mg d'une matière chimique et faire la dissoudre dans le mélange préparé,

- Agiter pendant 05 mn pour homogénéisation et solubilisation de mélange,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques du mélange,
- Répéter les opérations précédentes pour différentes matières.

I.16.3. Etude de l'effet de la chaux

But: C'est de voir l'effet d'introduction de la chaux dans une eau minéralisée et dans une eau déminéralisée.

Mode opératoire

- Prélever 1000 mL d'eau déminéralisée sortante du Osmose inverse,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques de cette eau prélevée,
- Peser des masses allant de 100mg à 500 mg de chaux,
- Faire dissoudre chaque masse dans 1000 mL d'eau déminéralisée,
- Agiter chaque préparation par l'agitateur magnétique pendant 05 mn pour homogénéisation et solubilisation de la chaux,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques de chaque préparation,
- Répéter les opérations précédentes pour une eau minéralisée traitée par filtre à charbon actif.

I.16.4. Méthode de détermination de la concentration de correction pH du mélange

But: C'est de déterminer la quantité nécessaire de chaux pour avoir un pH qui répond à la norme de potabilité c'est-à-dire $6,5 < \text{pH} < 8,5$ pour un rapport ($V_{\text{ET}}/V_{\text{permeat}} = 0,09$).

Mode opératoire

- Prélever 80 mL d'eau traitée sortante du filtre a charbon activé,
- Prélever 920 mL d'eau déminéralisée sortante de l'osmose inverse,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques des deux eaux prélevées,
- Réaliser des mélanges pour avoir un rapport ($V_{\text{ET}}/V_{\text{permeat}} = 0,09$),
- Mesurer les paramètres physico-chimiques du mélange,
- Peser des masses allant de 10 mg à 100 mg de chaux,
- Faire dissoudre chaque masse dans un mélange préparé avec une agitation pendant 05 mn pour homogénéisation et solubilisation de la chaux,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques du mélange et chaux,
- Répéter les opérations précédentes pour chaque masse de chaux pesées.

I.16.5. Etude de l'influence de la masse

But: C'est l'étude de l'influence de la masse sur le pH cette étape est très importante pour le passage à l'échelle industrielle elle nous permet de voir si les résultats obtenues a échelle laboratoire ne varient pas si on l'applique pour des grandes quantités d'eau a traité.

Mode opératoire

- Prélever une quantité suffisante d'eau traitée sortante du filtre a charbon activé,
- Prélever une quantité suffisante d'eau déminéralisée sortante du Osmose inverse,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques des deux eaux prélevées,
- Réaliser des mélanges en concentration de chaux Ca(OH)_2 équivalente un rapport ($V_{\text{ET}}/V_{\text{permeat}} = 0,09$) correspondant au pourcentage de ($V_{\text{ET}}/V_{\text{total}} = 08\%$), pour différentes quantités volumiques du mélange allant 1 L à 500 L,
- Mesurer les paramètres physico-chimiques de chaque mélange.

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau de laboratoire contrôle qualité de l'unité de production Fruitai Coca Cola, les paramètres physico-chimiques déterminés sont les suivants:

- La température, le pH (potentiel d'hydrogène), la conductivité, Chlore, Turbidité et TDS sont mesurés la masse *in situ*.
- Le dosage de TH, TAC et TA par titration.
- Le dosage des substances toxiques fer, nitrites, nitrates, sulfate, chlorure et du phosphate à l'aide photomètre à filtres PF-11.

II.1.1. Résultats et calcul des moyennes et écarts types

Les résultats expérimentaux des analyses physico-chimiques dans les différentes étapes du procédé de traitement ainsi que le calcul des moyennes et leurs écarts types sont représentés en annexe III par:

Tableau N° 11: Analyse physico-chimique de l'eau brute.

Tableau N° 12: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a sable).

Tableau N° 13: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a charbon).

Tableau N° 14: Analyse physico-chimique de l'eau osmosée (process).

Les résultats et les calculs des moyens des valeurs prélevées sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau N°08:Résumé du calcul des moyennes et des écarts types des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les étapes du procédé

Paramètres physico-chimique		Type Eau			
		Eau Brute	Eau traitée de Filtre a Sable	Eau traitée de Filtre Charbon	Eau Process (Osmosée)
T(°C)	Moyenne	22,03	21,98	22,12	22,17
	Ecart type	00,15	00,19	00,34	00,31
PH	Moyenne	07,10	07,07	07,07	05,21
	Ecart type	00,14	00,07	00,14	00,27
TDS (mg/L)	Moyenne	501,86	511,83	503,55	20,76
	Ecart type	15,33	05,85	23,61	07,85
Conductivité (µs/cm)	Moyenne	1003,57	1023,00	1007,85	40,95
	Ecart type	30,13	12,52	47,54	14,42
TAC(°F)	Moyenne	24,10	25,48	24,54	00,32
	Ecart type	01,74	01,91	01,99	00,06
TH(°F)	Moyenne	34,09	33,72	34,48	02,36
	Ecart type	02,13	01,67	01,82	01,88
Turbidité (NTU)	Moyenne	00,42	00,18	00,18	00,10
	Ecart type	00,08	00,02	00,04	00,02

Traitement et interprétation des résultats

D'après le tableau N°08; on observe que le pH est inférieur à 8,3 dans les différentes étapes de procédé de traitement d'eau, ce qui signifie d'après la courbe d'équilibre carbonique en fonction du pH (voir figure 02) que les carbonates CO_3^{2-}

se trouvent en quantité négligeable d'où $TA = 0$ et $TAC = [HCO_3^-]$ donc notre eau est hydrogéné-carbonatée et non carbonatée.

On observe que l'alcalinité **TAC** est inférieure à la valeur de la dureté **TH** (dureté totale= $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$) ce qui signifie que le TAC correspond à la dureté carbonatée en Ca et Mg, et on peut déduire la dureté permanent par calcul de $TH - TAC$.

On observe aussi dans l'analyse des prélèvements de l'eau osmosée (process) que plus elle est déminéralisée plus elle présente un pH acide se qui se traduit que toute diminution en TDS conduit a une diminution en pH.

Le calcul des moyennes et des écarts types montre pour l'eau brute qu'elle présente un pH qui varie entre 6,96 et 7,24 pour un écart type d'ordre 0,14 c'est une eau neutre. son TDS varie entre 486,53 et 517,19 mg/L pour un écart type d'ordre 15,33 et sa turbidité varie entre 0,34 et 0,5 NTU pour écart type d'ordre 0,08.

Pour l'eau osmosée (process) elle a un pH qui varie entre 4,94 et 5,48 pour un écart type d'ordre 0,27 c'est une eau acide. son TDS varie entre 12,91 et 28,61 mg/L pour un écart type d'ordre 7,85 et sa turbidité varie entre 0,08 et 0,12 NTU pour écart type d'ordre 0,02.

On observe la décroissance de la turbidité tous le long le passage à travers les étapes du procédé de traitement.

On observe aussi que la majorité des sels minéraux qui constituent la minéralité de notre eau sont : Ca, Mg et HCO_3^- Représentés ici par la dureté totale (TH) et la dureté carbonatée (TAC).

Les moyennes et résultats des paramètres physico-chimiques sont regroupés dans le tableau récapitulatif suivant:

Tableau N°09 : Propriétés physico-chimique de l'eau dans les étapes du procédé

Paramètres physico-chimiques	PH	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	TDS (mg/L)	TH ($^{\circ}\text{F}$)	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	TA ($^{\circ}\text{F}$)	Turbid (NTU)
Norme algérienne	6,5 - 8,5	Max 2800	Max 1500	10 - 50	$\geq 2,5$	$\geq 2,5$	Max 5
Eau brute	7,10	1003,57	501,86	34,09	24,10	0,00	0,42
Filtre a sable	7,07	1023,00	511,83	33,72	25,48	0,00	0,18
Filtre a charbon	7,07	1007,85	511,83	34,48	24,54	0,00	0,18
Eau osmosée	5,21	0040,95	020,76	02,36	00,32	0,00	0,10
Paramètres physico-chimiques	SO_4^{2-} (mg/L)	Cl_2 (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	Chlore libre (mg/L)	Fe^{2+} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Norme algérienne	200 - 400	200 - 500	Max 50	Max 0,1	Max 3	< 0.05	Max 0,5
Eau brute	118	55	28	< 0,02	02,00	0,00	< 0,1
Filtre à charbon	119	< 01	09	< 0,02	00,00	0,00	< 0,1
Eau osmosée	< 020	03	04	< 0,02	00,00	0,00	< 0,1

Discussion et observations

On observe d'après les résultats que notre eau brute satisfait à la norme de potabilité dont la minéralisation la classe à la frontière des eaux moyennement minéralisée et les eaux faiblement minéralisée C'est une eau douce agréable au goût avec un pH neutre, peu trouble par sa turbidité déjà inférieure à la norme avant

le traitement , on note que la turbidité doit être inférieure à 0,5 NTU pour la protection des membranes contre le colmatage.

On ce qui concerne l'eau de process on peut dire selon sa minéralité que c'est une eau très faiblement minéralisée dont le gout acide désagréable avec un pH qui est inférieur à la norme (6,5-8,5) ce qui présente un inconvénient pour qu'elle satisfait à la norme de potabilité. On observe aussi que son TH est au dessous de la norme (10°F – 50°F) et son TAC est aussi au dessous de la norme (2,5°F).

On note que l'acidité de l'eau de process est due à la présence de dioxyde de carbone CO₂ puisque son pH moyen est de 5,21 inférieur à 6,4 d'après la courbe d'équilibre, de l'eau en fonction du pH.

On ce qui concerne le procédé de traitement, la décroissance de la turbidité au cours du traitement montre l'efficacité du procédé de traitement concernant les matières en suspension.

On ce qui concerne le traitement de désinfection par le chlore (eau de javel), la présence du chlore libre de concentration [1 – 3 ppm] dans l'eau à l'entrée du filtre sable montre l'efficacité de la désinfection par l'effet de rémanence du chlore libre.

On note aussi que le pH de l'eau brute est inférieur de la valeur 7,5 se qui signifie que la forme prédominante du chlore libre est sous forme d'acide hypochloreux (HOCl) dont le pouvoir désinfectant plus élevé que l'ion hypochloreux (ClO⁻)

L'absence du chlore total à la sortie du filtre à charbon actif prouve l'efficacité de l'activité d'adsorption du charbon au chlore et les matières organiques dissous dans l'eau.

Les faibles valeurs en TDS ou de conductivité dans l'eau osmosée prouvent l'efficacité du traitement d'osmose inverse qui est de l'ordre de 96% pour une alimentation en eau traitée de TDS moyen de 511,83 mg/l et une eau de permeal de TDS moyen de 20,76 mg/L.

On ce qui concerne la pollution et les substances indésirables comme Fe²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻ ils sont négligeables même avant traitement ce qui nous conduit à dire que notre eau n'est pas polluée.

Ces résultats et observations sont confirmés par bulletins d'analyses réalisées dans les laboratoires extérieurs par "Fruital". Voir en annexe II Figure 34, 35,36 et 37 bulletins N° 01, 02,03 et 04

II.1.2. Vérification et contrôle des bulletins d'analyse externe

On utilisant la Méthode du bilan ionique pour un pH voisin de 7 et par la vérification de l'équation d'électroneutralité. Somme des cations (mEq/L) = Somme des anions (mEq/L).

On trouve que les bulletins des eaux du forage 01 et 02 sont bons car ils satisfont l'équation du bilan ionique. Voir en annexe III Tableau N°15 et 16 .

II.1.3. Conclusion

Les analyses obtenus nous conduit à conclure que notre eau brute souterraine est une eau qui satisfait aux normes et les critères de potabilité décrites dans le journal officiel.

La minéralité de cette eau la classe à la frontière des eaux moyennement et faiblement minéralisée c'est une eau douce agréable au gout peu trouble et d'après

l'analyse des paramètres et substances indésirables et de pollution on juge que notre eau n'est pas polluée.

On ce qui concerne l'eau de process (osmosée) nos analyses nous conduit à dire: Du point de vu consommation que c'est une eau très faiblement minéralisée acide au gout désagréable dont le pH, la dureté et l'alcalinité inférieure a la norme, c'est donc une eau déminéralisée fade et désagréablement insipide , elle est déconseillée a boire régulièrement car une telle eaux risque de dérégler l'équilibre minéral naturel du corps. C'est une eau qui ne satisfait pas aux normes de potabilité.

Du point de vu utilisation elle est corrosive et agressive.

II.2. EXPERIENCES DE DETREMINATION DES CONDITIONS NECESSAIRES D'AMELIORATION DE L'EAU DE PROCESS

II.2.1. Expérience de l'effet de la reminéralisation de l'eau osmosée (proces) par l'eau Traitée.

Expérience N°01

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre a charbon

T = 22,5°C, Conductivité = 981 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS = 490 mg/L, pH = 6,90, Turbidité = 0,20 NTU, TA = 0 mg / L (CaCO_3), TAC = 24 mg / L (CaCO_3), TH = 36,2°F = 360 mg /L (CaCO_3).

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse

T° = 22,8°C, Conductivité = 15,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS = 7,84 mg/L, pH = 4,48, Turbidité = 0,1 NTU, TA = 0 mg / L (CaCO_3) , TA C= 0,3 mg / L (CaCO_3), TH = 0,5°F = 5 mg /L (CaCO_3) .

Résultats expérimentaux Voir annexe III Tableau N°17: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 01)

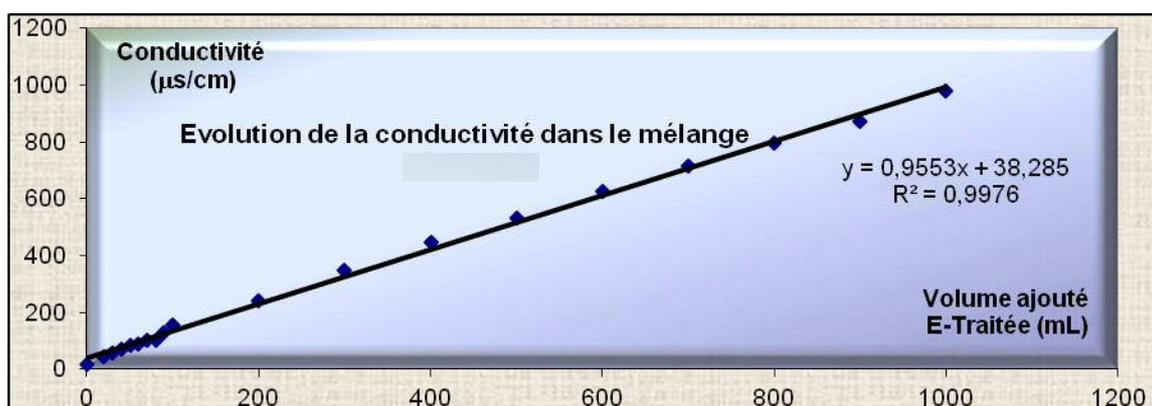


Figure 38: Evolution de la Conductivité dans le mélange (expérience 01)

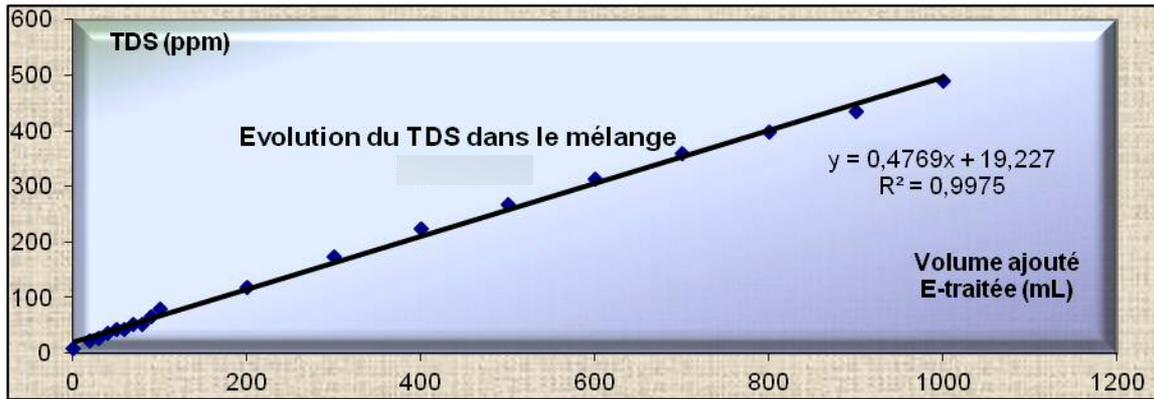


Figure 39: Evolution des Sels dissous dans le mélange (expérience 01)

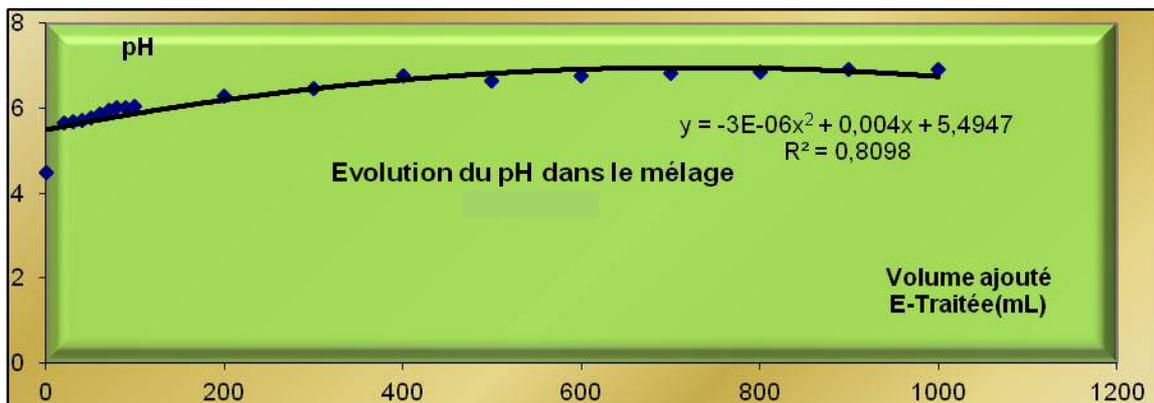


Figure 40: Evolution du pH dans du mélange (expérience 01)

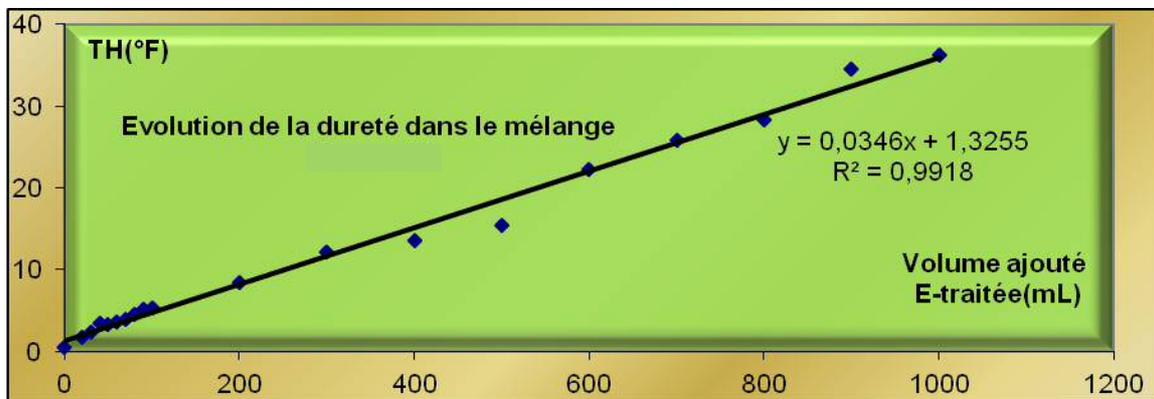


Figure 41: Evolution de la Dureté dans le mélange (expérience 01)

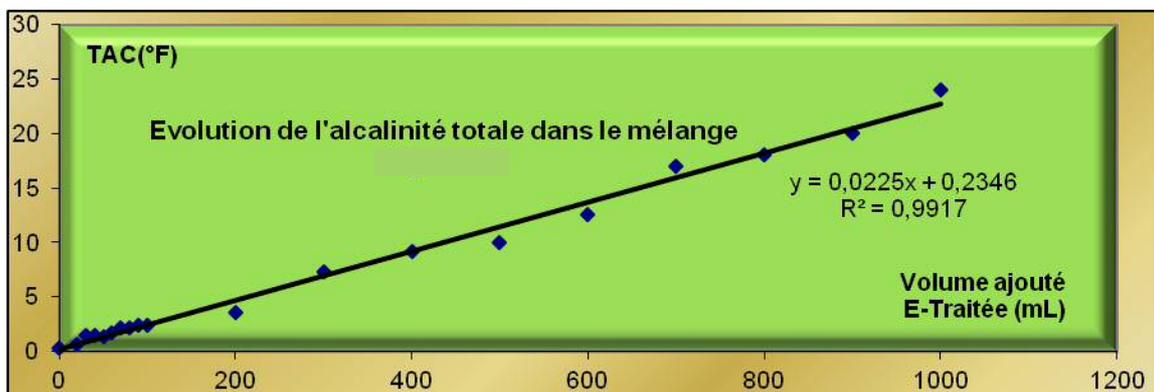
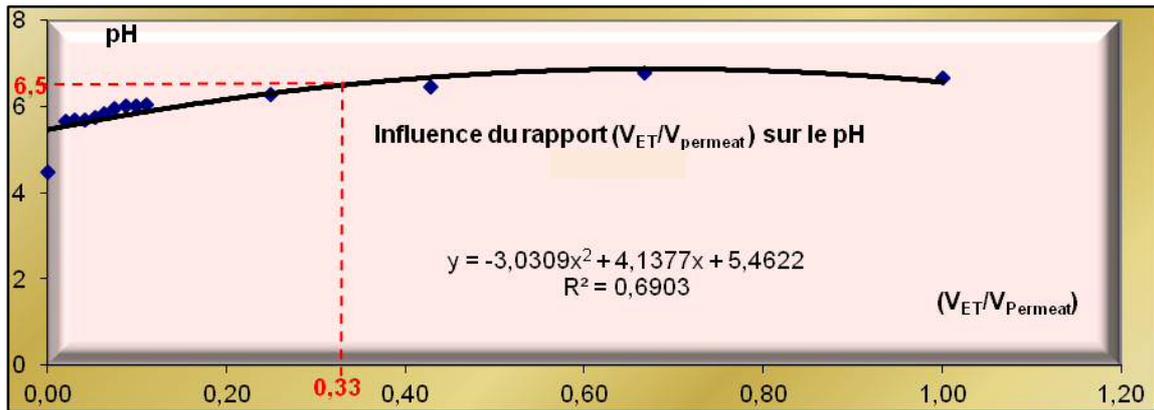


Figure 42: Evolution de l'Alcalinité totale dans le mélange (expérience 01)

Figure 43: Influence du rapport ($V_{ET}/V_{Permeat}$) sur le pH (expérience 01)**Expérience N°02****Valeurs expérimentales****Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre a charbon**

$T^\circ = 22^\circ\text{C}$, Conductivité = $1026 \mu\text{S}/\text{cm}$, TDS = $511 \text{ mg}/\text{L}$, pH = $7,16$,
 Turbidité = $0,20 \text{ NTU}$, TA = $0 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3), TAC = $252 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3),
 TH = $36,5^\circ\text{F} = 365 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3).

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse

$T^\circ = 22^\circ\text{C}$, Conductivité = $31,6 \mu\text{S}/\text{cm}$, TDS = $15,9 \text{ mg}/\text{L}$, pH = $5,43$,
 Turbidité = $0,1 \text{ NTU}$, TA = $0 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3), TA C = $5 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3),
 TH = $1,2^\circ\text{F} = 12 \text{ mg}/\text{L}$ (CaCO_3).

Résultats expérimentaux Voir annexe III tableau N°18: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 02)

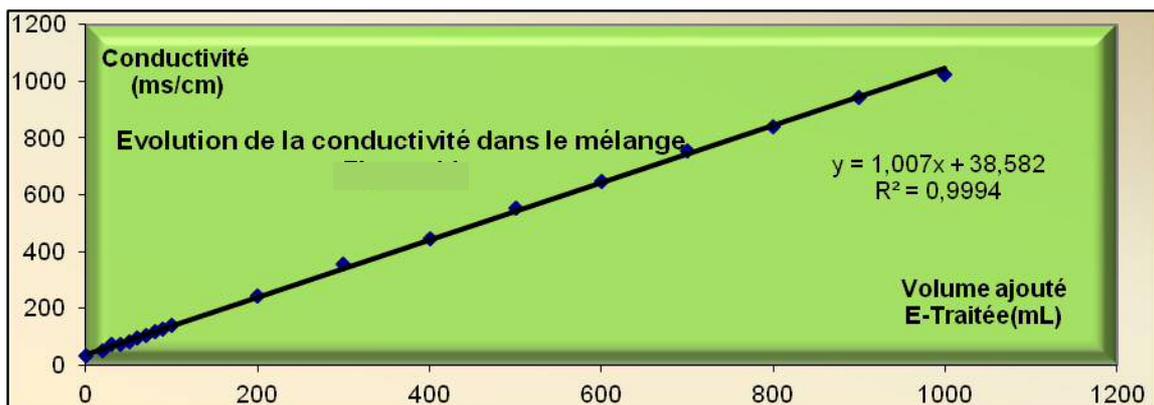


Figure 44: Evolution de la Conductivité dans le mélange (expérience 02)

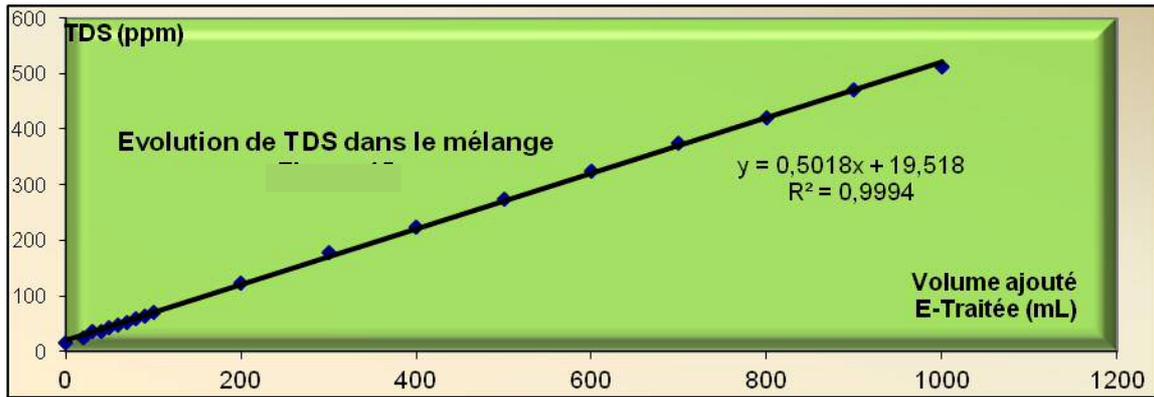


Figure 45: Evolution de TDS dans le mélange (expérience 02)

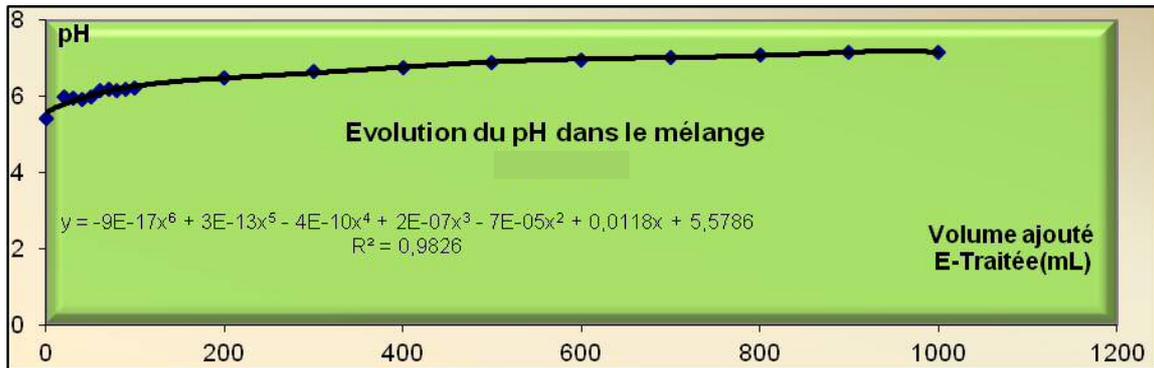


Figure 46: Evolution du pH dans le mélange (expérience 02)

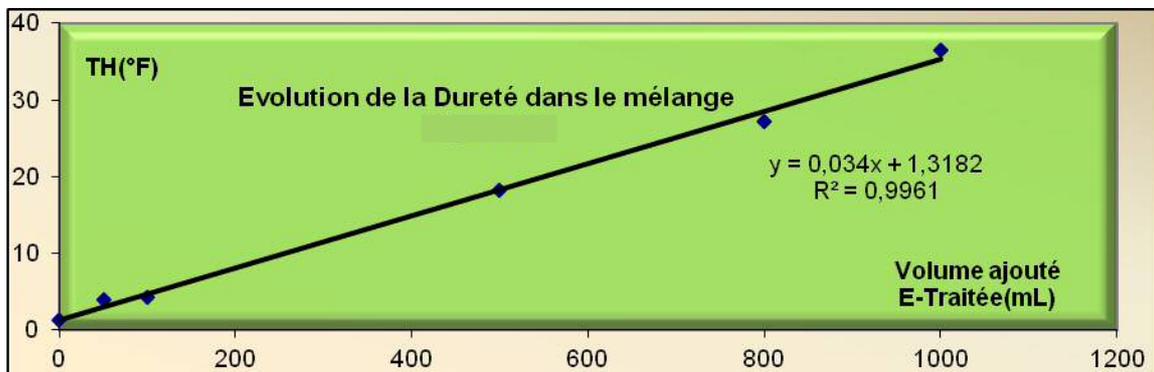


Figure 47: Evolution de la Dureté dans le mélange (expérience 02)

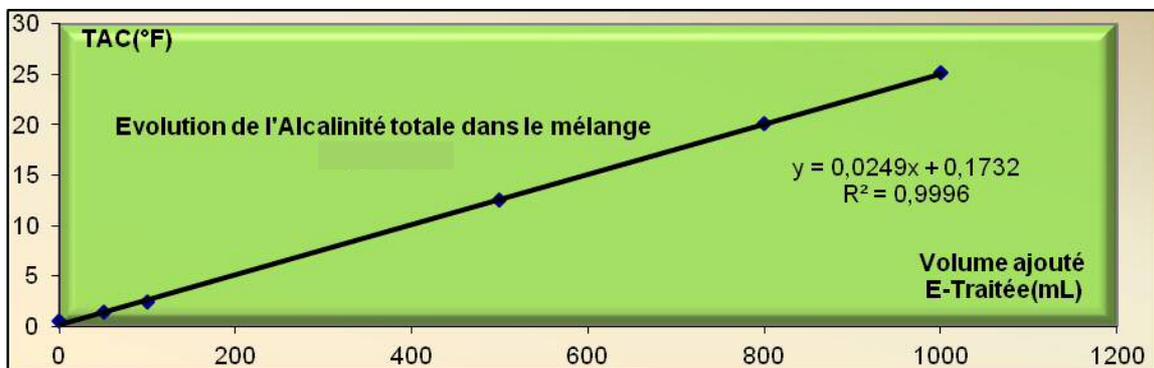


Figure 48: Evolution de l'Alcalinité totale dans le mélange (expérience 02)

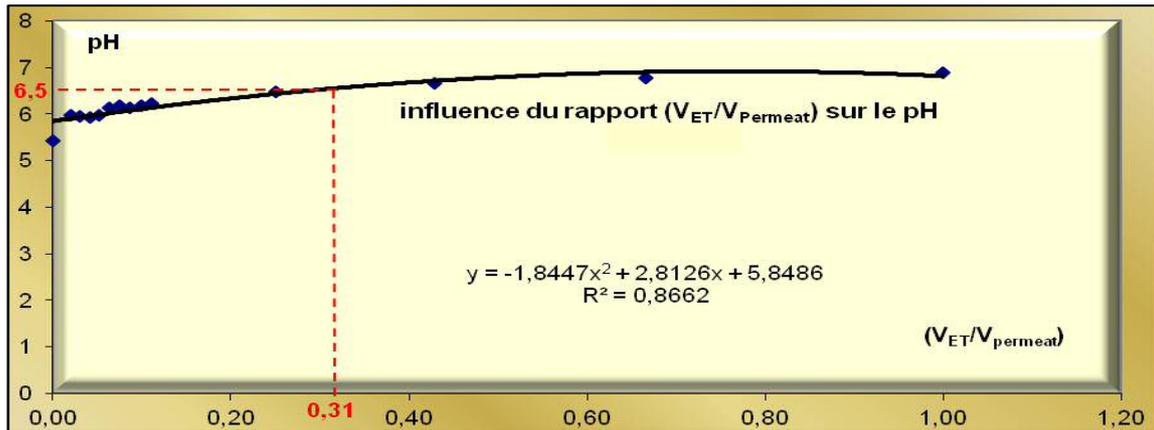


Figure 49: Influence du rapport $(V_{ET}/V_{Permeat})$ sur le pH (expérience 02)

Traitement des résultats des expériences N° 01 et 02

D'après les figures N°38,39,41,42,44,45,47et 48 Les observations relevées sur les allures des courbes (**Conductivités – Volume ajouté E-Traitée**), (**TDS - Volume ajouté E-Traitée**), (**TH - Volume ajouté E-Traitée**) et (**TAC - Volume ajoutée E-Traitée**) montrent que sont des fonctions linéaires d'équation de la droite ($Y = a X + b$), et leurs coefficient de corrélation R est très proche de la valeur 1 ce qui indique que l'ajustement linéaire est bon, donc toute augmentation du volume ajouté se traduit par une augmentation du **TDS**, de la **conductivité**, de la **Dureté**, et de l'**Alcalinité total** du mélange mêmes observations concernant les courbes (**pH – Volume ajouté E-Traitée**) dans les figures N°40 et 46 dont l'équation de leurs courbes sont des fonctions polynomiales.

Interprétation et discussion des résultats des expériences N° 01 et 02

On observe donc que lorsque on ajoute l'eau traitée à l'eau déminéralisée (permeat ou eau de process) on aura un effet de croissance sur les propriétés de l'eau déminéralisée qui tendent à être ajustées au point correspondant au rapport $(V_{ET}/V_T=100\%)$ aux propriétés de l'eau traitée ajoutée On déduit donc Qu'il est possible d'utiliser l'eau traitée par filtre à charbon comme matière de reminéralisation pour produire une eau faiblement minéralisée dont le $(0 < TDS < 500 \text{ mg/L})$.

On observe d'après les figures 43 et 49 que dans les mélanges préparés pour des rapports $(V_{ET}/V_{permeat})$ supérieur a 0,33 et 0,31 dans l'expérience N°01 et N°02 qu'on obtiendra une eau qui satisfait aux normes de potabilité ($\text{pH} > 6,5$), mais on relève l'inconvénient qu'elle ne satisfait pas le critère des besoins en eau de la station décrit par le tableau N°07 c.à.d. il faut avoir un (débit $\leq 19 \text{ m}^3/\text{h}$).

On observe aussi que pour des rapports $(V_{ET}/V_{permeat})$ inférieur a 0,33 et 0,31 dans l'expérience N°01 et N°02 que l'inconvénient majeur a résoudre réside dans le $\text{pH} < 6.5$ afin d'obtenir une eau qui satisfait aux normes de potabilité, et on relève aussi l'inconvénient qu'elles ne satisfait pas le critère des besoins en eau de la station que pour des rapports $(V_{ET}/V_{permeat}) \leq 0,09$.pour avoir un (débit $\leq 19 \text{ m}^3/\text{h}$).

Conclusion

On conclue d'après ces expériences que l'ajout de l'eau traitée à l'eau Osmosée est un bon moyen de reminéralisation du point de vu équilibrage et stabilité (solubilité) des sels minéraux puisque il ne résulté pas des précipitations et présente une homogénéité parfaite.

On conclue que le rapport applicable nécessaire pour la reminéralisation doit être $(V_{ET}/V_{permeat}) \leq 0,09$, mais l'inconvénient majeur relevé réside dans la valeur du pH qui reste inférieure à 6,5.

Donc il faut continuer l'étude en gardant un rapport égale à **0,09**, correspondant au pourcentage de **8%** (V_{ET}/V_{total}) pour la correction de l'anomalie relevée du pH.

II.2.2. Expérience du choix du correcteur pH

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée par filtre à charbon

T° = 21,9°C, Conductivité = 966 μ S/cm, TDS = 484 mg/L, pH = 6,94,
Turbidité = 0,20 NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TAC = 215 mg / L (CaCO₃),
TH = 36°F = 360 mg /L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée par osmose inverse

T° = 21,8°C, Conductivité = 44,5 μ S/cm, TDS = 22,9 mg/L, pH = 5,3,
Turbidité = 0,1NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 3 mg / L (CaCO₃),
TH = 4,4°F = 44 mg /L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau de mélange

T°=21,8°C, Conductivité = 114,1 μ S/cm, TDS = 56,3 mg/L, pH = 6,03,
TA= 0mg/L (CaCO₃), TA C= 19 mg / L (CaCO₃), TH = 15,8°F = 158 mg /L (CaCO₃).

Résultats expérimentaux: sont représentés dans le Tableau suivant:

Tableau N°10: Choix du correcteur pH

Matière	Chaux Ca(OH) ₂	Carbonate de sodium NaHCO ₃	Sulfate de sodium Na ₂ SO ₄	La Soude caustique NaOH	Chlorure De sodium NaCl
masse(mg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
pH	010,32	006,68	006,18	010,58	006,66
Cond (μ s/cm)	298,00	228,00	288,00	562,00	331,00
TDS (ppm)	149,00	114,00	145,00	281,00	166,00
TH (°F)	027,50	/	/	026,00	/
TAC (°F)	010,40	/	/	018,60	/
TA (°F)	006,60	000,00	000,00	014,80	000,00

Interprétation des résultats et conclusion:

D'après les résultats on observe que seule la chaux et la soude caustique peuvent augmenter le pH du mélange qui était de l'ordre 6,03 et d'après les critères de sélection cités dans le but de cette expérience et on se basant sur le paramètre le plus important de la consommation qui est le gout le meilleur correcteur de notre mélange est la chaux.

II.2.3. Expérience de l'effet de la chaux

II.2.3.1. Expérience de l'effet de la chaux sur une eau déminéralisée (eau osmosée)

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse:

$T^\circ = 22,7^\circ\text{C}$, Conductivité = $29 \mu\text{S/cm}$, TDS = 15 mg/L , $\text{pH} = 5,4$,
Turbidité = $0,1 \text{ NTU}$, TA = 0 mg/L (CaCO_3), TA C= 3 mg/L (CaCO_3),
TH = $2,5^\circ\text{F} = 25 \text{ mg/L}$ (CaCO_3).

Résultats expérimentaux: Voir annexe III Tableau N°19: Effet de la chaux sur une eau déminéralisée (eau osmosée).

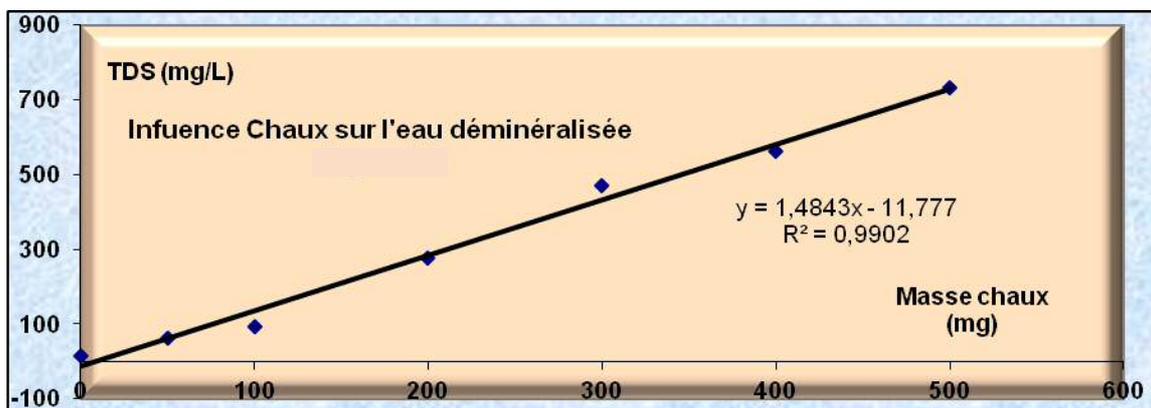


Figure 50: Influence de la chaux sur l'eau déminéralisée

Interprétation des résultats

D'après la figure 48 et les résultats du tableau N°19 On observe que l'introduction de la chaux dans une eau déminéralisée (osmosée) contribue à sa reminéralisation et à l'augmentation de son pH.

Note

On note que d'après le diagramme des équilibres carbonique de l'eau en fonction du pH que:

- Pour un $\text{pH} < 6,4$ on a prédominance de $[\text{CO}_2]$
- Pour un $\text{pH} = 6,4$ on a $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_2]$
- Pour un $\text{pH} > 6,4$ on a $[\text{CO}_3^{2-}] > [\text{HCO}_3^-]$

Dans l'eau, le dioxyde de carbone (acide carbonique), l'ion bicarbonate et l'ion carbonate sont en équilibre, en fonction du pH:



L'ajout d'un acide déplace les équilibres vers la gauche (avec, éventuellement, dégagement de dioxyde de carbone), tandis que l'ajout d'une base les déplace vers la droite (avec, éventuellement, précipitation d'un sel carbonaté). Ceci donne au bicarbonate, qui occupe la place intermédiaire, une fonction tampon.

Observation et discussion

Donc vu le pH de l'eau qui est de 5,4 on a prédominance de CO_2 dans notre eau, on peut donc interpréter l'action de reminéralisation de l'eau osmosée par la chaux par la réaction suivante:



Donc la chaux reminéralise l'eau osmosée en augmentant la dureté calcique par dissolution des carbonates de calcium. Ce qui nous conduit à dire en plus que c'est un bon correcteur de pH il favorise à la correction de la dureté.

II.2.3.2. Expérience de l'effet de la chaux sur une eau minéralisée (eau Traitée)

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée sortie filtre a charbon actif :

T° = 22,2°C, Conductivité = 1031,5 µS/cm, TDS = 514 mg/L, pH = 7,02,
Turbidité = 0,2NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 245 mg / L (CaCO₃),
TH = 33,2°F = 332 mg / L (CaCO₃).

Résultats expérimentaux: Voir annexe III Tableau N°20: Effet de la chaux sur une eau minéralisée (eau Traitée) .

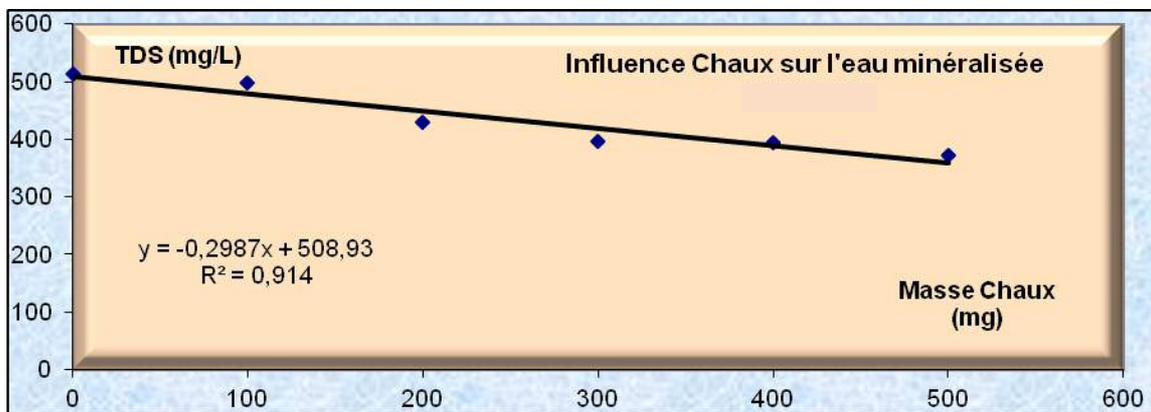


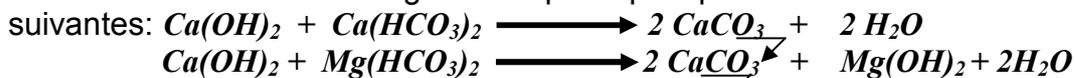
Figure 51: Influence de la chaux sur l'eau minéralisée

Interprétation des résultats

D'après la figure 49 et les résultats du tableau N°20 On observe que l'introduction de la chaux dans une eau minéralisée contribue à sa déminéralisation et augmente son pH.

Observation et discussion

On interprète l'action de déminéralisation de l'eau minéralisée par la chaux par le principe de précipitation des bicarbonates alcalino-terreux sous forme de carbonate de calcium et magnésium qui se précipitent selon les réactions suivantes:



Donc la chaux réduit la dureté carbonatée associée au calcium et magnésium.

Conclusion

On conclue que l'introduction de la chaux dans une eau à pH acide convient bien à notre mélange (eau traitée – eau osmosée) en contribuant à sa reminéralisation par l'augmentation de sa dureté et à la croissance de son pH.

On conclue enfin que le mixage de reminéralisation doit tenir compte d'injecter la chaux dans l'eau osmosée avant de faire le mélange avec de l'eau traitée vu que la chaux contribue à la correction du pH et de la dureté dans le bon sens de l'objectif de la reminéralisation d'une eau acidifiée.

II.2.4. Expérience de détermination de la concentration de correction pH du mélange

Expérience N°01

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre à charbon

T° = 22,6°C, Conductivité = 1081 μS/cm, TDS = 539 mg/L, pH = 7,04,
Turbidité = 0,20 NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TAC = 270 mg / L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse

T° = 22,6°C, Conductivité = 58,8 μS/cm, TDS = 33 mg/L, pH = 5,28,
Turbidité = 0,1NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 3 mg / L (CaCO₃),
TH = 1,4°F = 14 mg /L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau de mélange

T° = 22,6°C, Conductivité = 110 μS/cm, TDS = 55 mg/L, pH = 6,01,
TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 25 mg / L (CaCO₃), TH = 4,1°F = 41 mg /L (CaCO₃).

Résultats expérimentaux: Voir annexe III tableau N°21: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience 01)

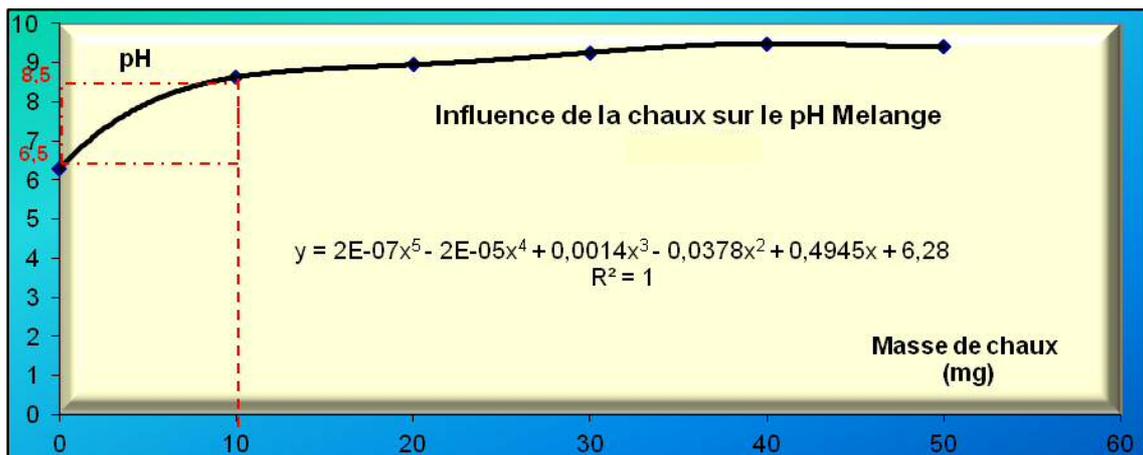


Figure 52: Influence de la chaux sur le pH Mélange (expérience 01)

Expérience N°02:

Valeurs expérimentales

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre à charbon

T° = 21,9°C, Conductivité = 966 μS/cm, TDS = 484 mg/L, pH = 6,94,
Turbidité = 0,20 NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TAC = 215 mg / L (CaCO₃),
TH = 36°F = 360 mg /L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée (osmosée)

T° = 22°C, Conductivité = 44,5 μS/cm, TDS = 22,15 mg/L, pH = 4,99,
Turbidité = 0,1NTU, TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 3 mg / L (CaCO₃),
TH = 4,8°F = 48 mg /L (CaCO₃).

Paramètres physico-chimiques d'eau de mélange

T° = 21,8°C, Conductivité = 126 μS/cm, TDS = 63,3 mg/L, pH = 6,28,
TA = 0 mg / L (CaCO₃), TA C= 18 mg / L (CaCO₃), TH = 11°F = 110 mg /L (CaCO₃).

Résultats expérimentaux Voir annexe III Tableau N°22: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience 02)

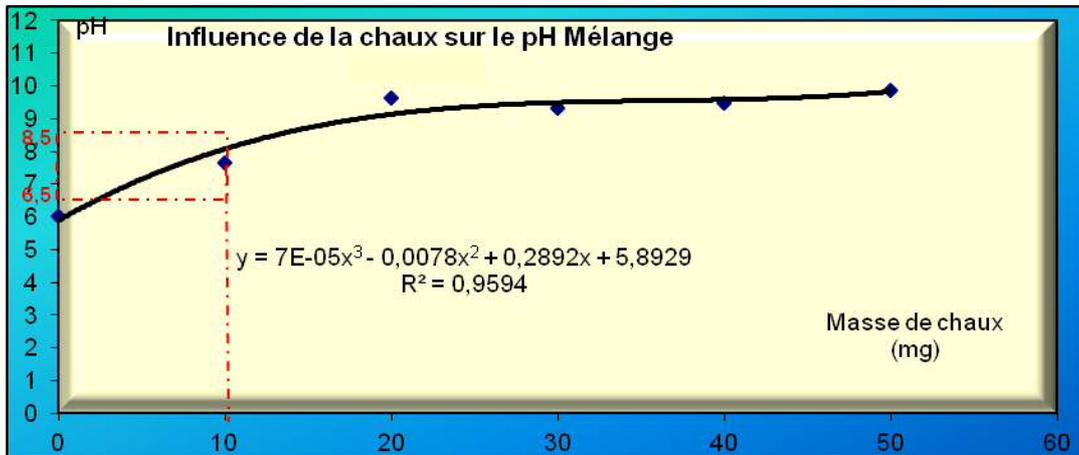


Figure 53: Influence de la chaux sur le pH Mélange (expérience 02)

Interprétation des résultats expériences N°01 et N°02 et conclusion

D'après les figures 50 et 51 On observe que le pH a une courbe de fonction polynomiale et leurs coefficient de corrélation R est très proche de la valeur 1 ce qui indique que la courbe de tendance est bonne et que toute augmentation de la masse de chaux se traduit par une augmentation du pH du mélange.

D'après les figures 50 et 51 on observe que pour une quantité inférieur ou égale à 10 mg on a un pH qui répond a la norme de potabilité c'est-à-dire $6,5 < \text{pH} < 8,5$ Donc la concentration idéale doit être proche de 10 mg/L

II.2.5. Expérience de l'influence de la masse

Valeurs expérimentales

Expérience N°01

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre a charbon

$T^\circ = 22,6^\circ\text{C}$, Conductivité = $915\mu\text{S/cm}$, TDS = 456 mg/L , pH = $7,27$,
Turbidité = $0,17\text{ NTU}$, TA = $0\text{ mg / L (CaCO}_3)$, TAC = $230\text{ mg / L (CaCO}_3)$,
TH = $34^\circ\text{F} = 340\text{ mg /L(CaCO}_3)$.

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse

$T^\circ = 23^\circ\text{C}$, Conductivité = $69,6\mu\text{S/cm}$, TDS = $34,4\text{mg/L}$, pH = $5,67$,
Turbidité = $0,1\text{NTU}$, TA = $0\text{ mg / L (CaCO}_3)$, TA C= $3\text{ mg / L (CaCO}_3)$,
TH = $0,9^\circ\text{F} = 9\text{ mg /L (CaCO}_3)$.

Résultats expérimentaux Voir annexe III Tableau N°23: Influence de la masse (expérience 01)

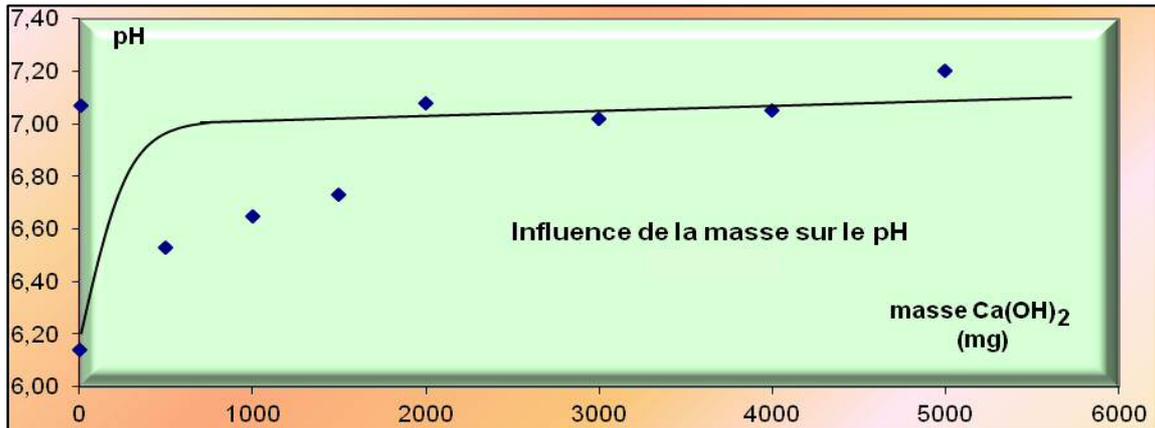


Figure 54: Influence de la masse sur le pH (expérience 01)

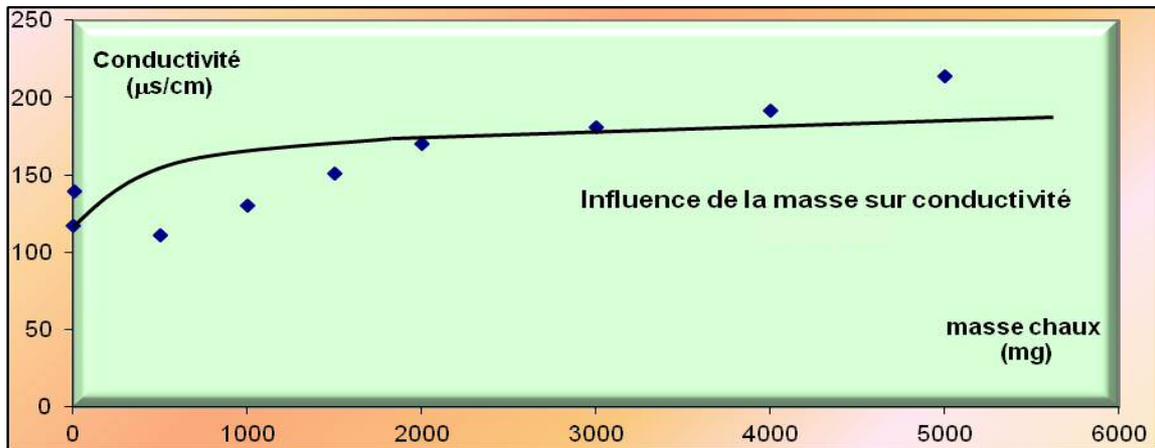


Figure 55: Influence de la masse sur Conductivité (expérience 01)

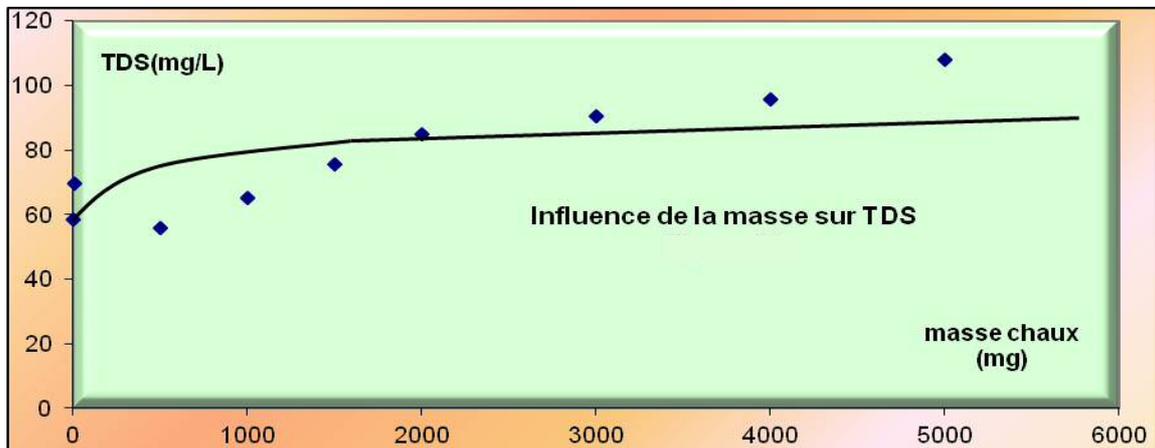


Figure 56: Influence de la masse sur TDS (expérience 01)

Valeurs expérimentales

Expérience N°01

Paramètres physico-chimiques d'eau traitée du filtre a charbon

T° = 22,2°C, Conductivité = 960µS/cm, TDS = 482 mg/L, pH = 7,01,

Turbidité = 0,19 NTU,

Paramètres physico-chimiques d'eau déminéralisée de l'osmose inverse

T° = 21,8°C, Conductivité = 21,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS = 10,4mg/L, pH = 4,60,
Turbidité = 0,13NTU,

Résultats expérimentaux Voir annexe III Tableau N°24: Influence de la masse (expérience 02)

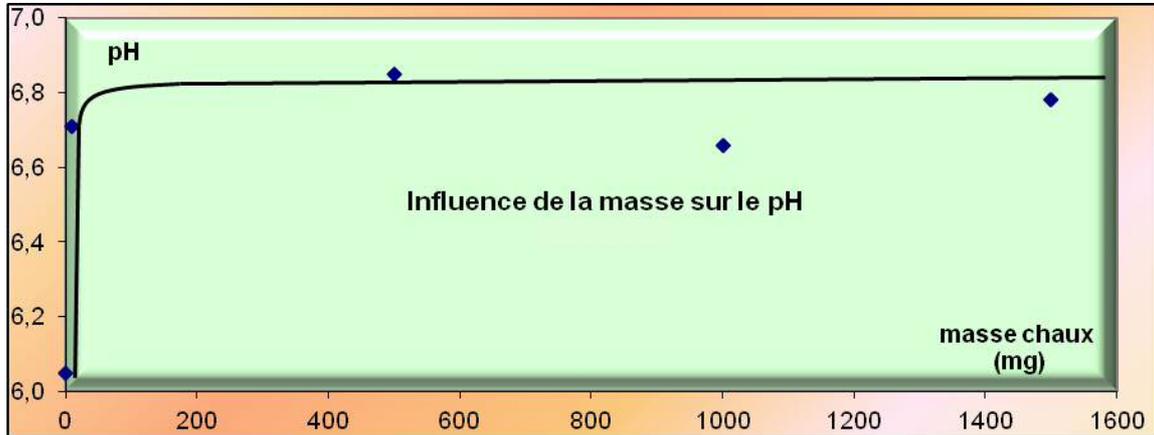


Figure 57: Influence de la masse sur le pH (expérience 02)

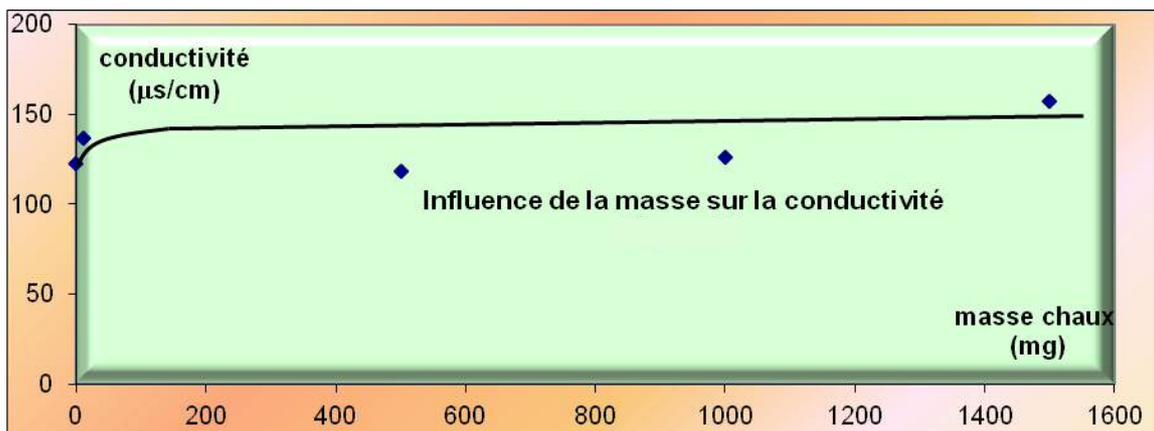


Figure 58: Influence de la masse sur la Conductivité (expérience 02)

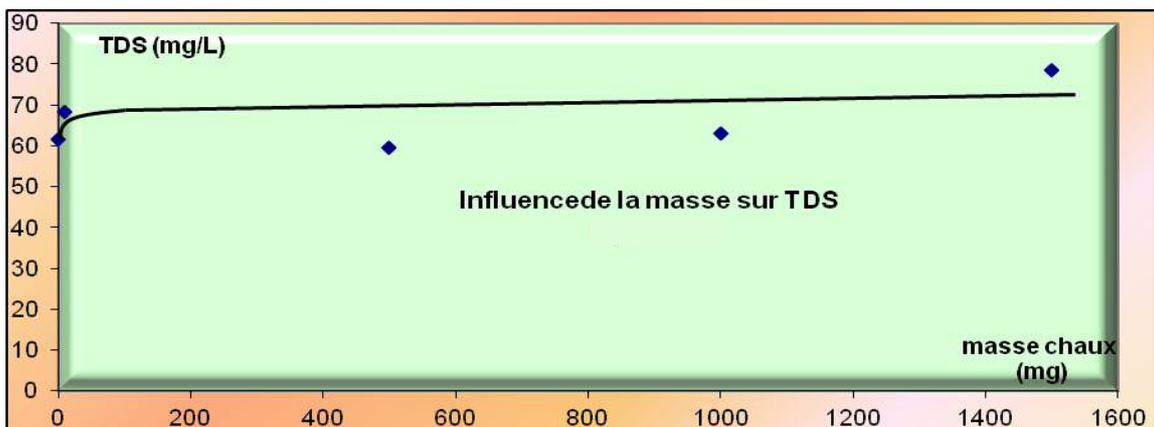


Figure 59: Influence de la masse sur TDS (expérience 02)

Interprétation des résultats expériences N°01 et N°02 et discussion

D'après la figure 54 et 57 on observe que si on multiplie la masse de chaux ajouté tout en gardant le même rapport ($V_{ET}/V_{permeat} = 0,09$) et la même concentration de **10 mg/L**, les résultats du pH restent presque identiques et tendent vers une légère augmentation dans le sens de la neutralisation du mélange, cette augmentation est due à l'augmentation de la minéralité confirmé par l'augmentation de la conductivité et du TDS, Voir figure 55, 56, 58 et 59.

On observe d'après les calculs de la moyenne et l'écart type représentés dans les tableaux N°23 et N°24, voir en annexe III, que l'eau du mélange présente les paramètres suivantes; dans expérience N°01 : un pH qui varie entre [6,49 et 7,14] pour 0,34 d'écart type, une conductivité qui varie entre [155,89 et 91,52 $\mu\text{s/cm}$] pour 35,29 d'écart type, un TDS qui varie entre [60,32 et 96mg/L] pour 17,84 d'écart type. Dans expérience N°02 : un pH qui varie entre [6,29 et 6,49] pour 0,32 d'écart type, une conductivité qui varie entre [116,78 et 147,9 $\mu\text{s/cm}$] pour 15,56 d'écart type, un TDS qui varie entre [58,55 et 73,77 mg/L] pour 7,61 d'écart type.

Conclusion

On déduit de ces résultats que l'eau de notre mélange réalisée par les facteurs correctifs trouvés par les expériences précédentes de cette étude, vérifie bien les normes et les critères de potabilité pour les valeurs de pH, TDS et Conductivité.

On observe aussi qu'on obtient les mêmes résultats trouvés à l'échelle laboratoire lorsqu'on fait la multiplication des quantités en masse de chaux et en multipliant le volume d'eau de reminéralisation.

On conclut donc que ces résultats nous encouragent au passage à l'échelle industrielle.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

De nombreuses entreprises d'embouteillage ont recours à des procédés de déminéralisation de l'eau lors de la purification, pour améliorer le goût, elles y ajouteront des minéraux, malheureusement, la reminéralisation ne ramène pas l'eau à sa composition d'origine, les minéraux ajoutés artificiellement peuvent ne pas se dissoudre complètement, quant au goût, il reste toujours affecté.

Pour qu'une eau devienne commercialisée en bouteilles sous forme d'eau de table, eau gazéifiée, aromatisée, vitaminée ou autre formes commerciales elle faut qu'elle subisse un traitement spécifique pour qu'elle satisfasse à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine.

Le standard de référence dans ce domaine est les normes qui définissent la potabilité décrites dans le journal officiel, bien que la législation algérienne qui concerne les eaux commercialisées n'a pas inclus les eaux commercialisées tel que les eaux de tables, ou les eaux vitaminées par exemple cela ne nous empêche pas de faire des études pour l'avenir.

Les résultats des analyses obtenus lors de cette étude nous conduit à conclure que notre eau brute souterraine est une eau qui satisfait aux normes et les critères de potabilité décrites dans le journal officiel. La minéralité de cette eau la classe à la frontière des eaux moyennement et faiblement minéralisée c'est une eau douce agréable au goût peu trouble et non polluée.

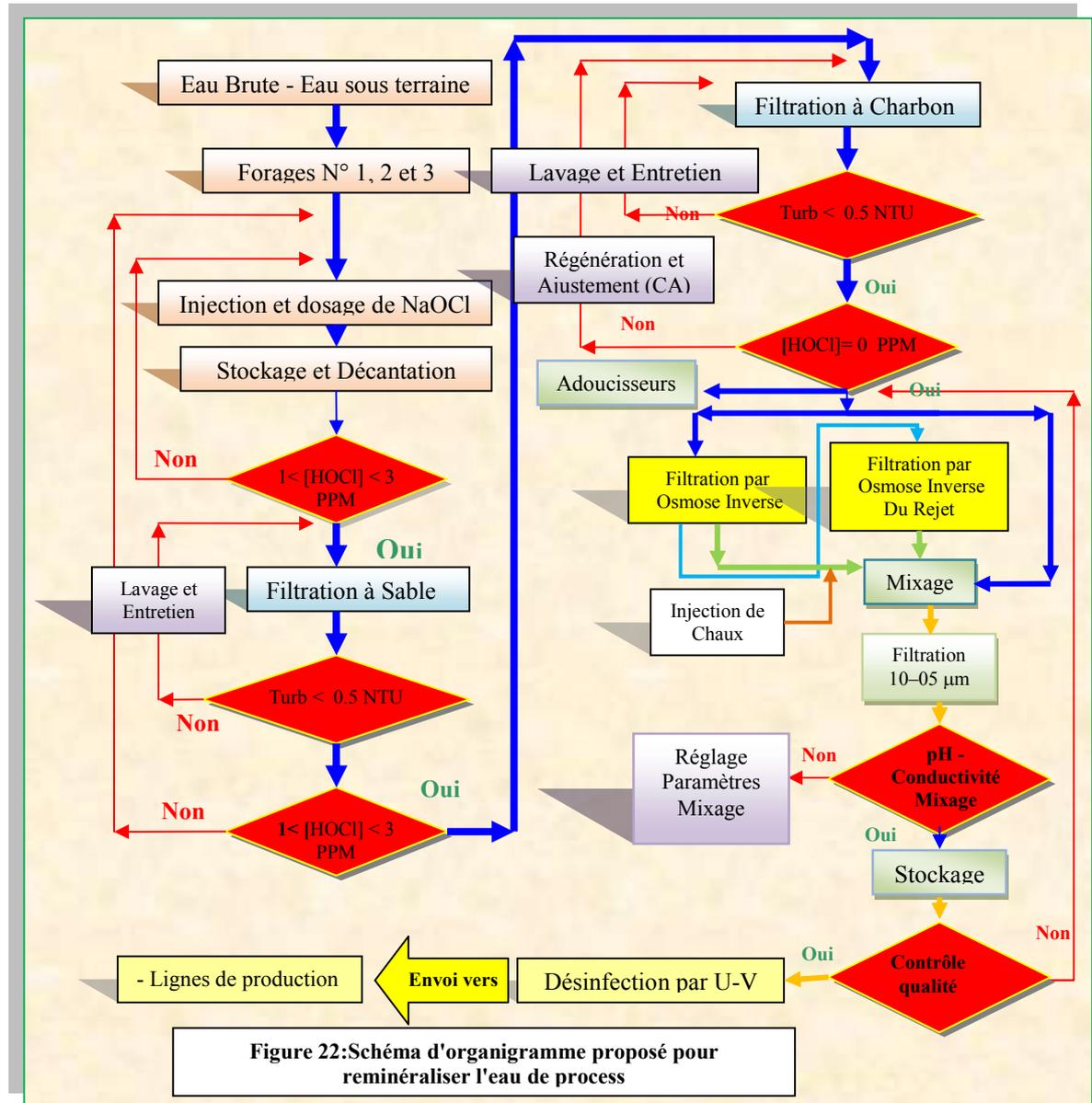
En ce qui concerne l'eau de process (osmosée) nos analyses nous conduit à dire que c'est une eau très faiblement minéralisée acide au goût désagréable dont le pH, la dureté et l'alcalinité inférieure à la norme, c'est donc une eau déminéralisée fade et désagréablement insipide, elle est déconseillée à boire régulièrement car une telle eau risque de dérégler l'équilibre minéral naturel du corps. C'est une eau qui ne satisfait pas aux normes de potabilité.

Les expériences menées lors l'étude de recherche des conditions favorables nécessaires pour rendre l'eau de process une eau qui satisfait aux normes de potabilité nous conduisent aux résultats suivants:

- L'ajout de l'eau traitée à l'eau Osmosée est un bon moyen de reminéralisation du point de vue équilibrage et stabilité (solubilité) des sels minéraux.
- Le choix du rapport ($V_{ET}/V_{permeat}$) égal à 0,09 est pratiquement applicable pour la reminéralisation de l'eau osmosée et répond à la condition des besoins en eau de la station de traitement afin de ne pas affecter le bon déroulement de la station point de vue efficacité et rentabilité du traitement.
- Le choix de Chaux ($Ca(OH)_2$) comme correcteur de pH est un bon choix et que son introduction dans notre eau mélangée (eau traitée+eau osmosée) nous convient bien puisqu'il contribue à la reminéralisation en augmentant la dureté et le pH.

- Lors de l'opération reminéralisation, il faut tenir compte d'injecter la chaux dans l'eau osmosée avant de faire le mixage avec de l'eau traitée vu que l'introduction de la chaux dans une eau acide contribue positivement dans le bon sens de la reminéralisation.
- La concentration de chaux nécessaire pour la correction de pH est d'ordre 10mg/L.
- Notre étude a montré que le passage à l'échelle industrielle est possible.
- L'eau du mélange résultante de ces conditions présente des propriétés organoleptiques et physico-chimiques meilleurs que celle de l'eau de process, c'est une eau faiblement minéralisée avec un goût agréable dont les propriétés physico-chimiques répondant à la norme de potabilité.
- Cette étude nous montre qu'il est bien possible d'améliorer l'eau de process et qu'on peut maîtriser le pH de l'eau par augmentation ou diminution de la concentration de la chaux introduite.
- Nous recommandons cette eau pour l'usage des personnes qui ont une insuffisance rénale, et aux préparations de biberons pour nourrissons.
- Nous recommandons que notre eau produite peut être commercialisée sous forme d'eau de table, eau gazeuse ou autre forme commerciale tel que l'eau aromatisée ou vitaminée par exemple.
- Notre étude nous permet de faire les recommandations et propositions pour modification du procédé de l'eau de process, (Voir figure 22) ces modifications consistent à:
 - ✓ Introduction ou injection de lait de chaux dans la conduite sortie perméat à l'aide d'une pompe doseuse;
 - ✓ Faire un mixage entre le perméat corrigé par la chaux et l'eau traitée par filtre à charbon actif à l'aide d'une installation d'une conduite, d'une vanne de réglage et d'un débitmètre adéquates pour cela;
 - ✓ Installation d'un filtre à cartouche (05-10 μm) pour l'élimination de la matière de précipitation;
 - ✓ Installation d'un conductimètre et d'un pH-mètre pour le contrôle qualité du produit à la sortie du filtre vers le stockage

Figure 22: Schéma de l'organigramme proposé pour reminéraliser l'eau de process



BIBLIOGRAPHIE

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdelkrim Hazzab, 2011, Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie, Article Compte rendus Géoscience, Volume 343, pages 20-31

Anne-Sophie Gliver-Bondeau, 2011, Revue « Eau » article “L’eau, l’alliée de nos reins” publié sur site : Doctissimo.fr

Anne-Sophie Gliver-Bondeau, 2011, Revue « Eau » article “La balance hydrique, un équilibre essentiel” publié sur site : Doctissimo.fr

Anne-Sophie Gliver-Bondeau, 2009, Revue « Eau » article “Eaux minérales naturelles gazeuse et digestion” publié sur site :Doctissimo.fr

Cyril Gomella, Dispositif de prélèvement des eaux : technique de l’ingénieur, document C 5190

CNRS, 2012, Centre national de la recherche scientifique, Publication « saga science » sur site : cnrs.fr.

Degrémont, 1978, Mémento technique de l’eau, 8^e édition, distribué par LAVOISIER-Technique et Documentation, Paris Cedex, 1201P.

Degrémont, 1989, Mémento technique de l’eau, édition cinquantième, 9^e édition, tome1 et tome2, distribué par LAVOISIER- Technique et Documentation, Paris Cedex, 1459P.

Delphine Torjman, 2010, Revue « Eau » article “Les besoins en eau en pratique” publié sur site : Doctissimo.fr

Ecosynthese, 2008-2009, Revue «Eau en bouteille» publié sur site : ecosynthese.com

Eska, 2012, Revue « L’eau embouteillée et l’environnement » articles “L’eau et votre santé, Types d’eau embouteillée“ publiés sur site : eaueska.com

Jean Rodier, Bernard Legube, Nicole Merlet, 2009, L’Analyse de l’eau, 9^e édition, Dunod, Paris, 1203P

Jean François Auby, 1994, Les eaux minérales, éditeur : Puf, collection Que-Sais-Je, numéro 2802, 128P.

Julette lauzanne, 2012, Revue « Eau » article “Les différents types d’eaux” publié sur site Doctissimo.fr

Kamel Touati, 2004, Programme d’aménagement côtier (PAC), “zone cotière algeroise” « Maitrise de l’urbanisation et de l’artificialisation des sols », Rapport : « Etude prospective de l’urbanisation », Programme d’Action prioritaires centre d’activités régionales.

Lucie Emile, 2009, Revue « Eau » article “Eau gazeuse” publié sur site :
Doctissimo.fr

Lucile Woodward, 2009, Revue « Eau » article “Les minéraux de l’eau minérale”
publié sur site : Doctissimo.fr

Maurice engalenc, 2012, Ingénieur hydrologue. Article « EAUX MINERALES quand
le mieux est l’ennemi du bien » publié sur site : effervzsciences.com

P.Brabeck Letmathe,2003, Revue « Nestlé et l’eau, Gérer , protéger et sensibiliser
durablement», Nestec Ltd, département Environnement, Vevey, Suisse, impression :
Genoud, Entreprise d’arts graphiques S.A. le mont-sur-Lausanne, suisse.

Raymond Desjardins, 1990, ING. Professeur à l’école polytechnique de Montréal.
Le traitement des eaux 2^eédition revue, édition de l’école polytechnique de Montréal,
293P

Sarah Laine, 2009, Revue « Eau » article “Eau minérale” publié sur site :
Doctissimo.fr

Tahar Hadji, 2005, Programme d’aménagement cotier (PAC), “zone cotière
algeroise” « Gestion intégrée des ressources en eau et assainissement liquide »,
Programme d’Action prioritaires centre d’activités régionales.

Wikipédia l’encyclopédie libre, 2012, Articles “ Eau minérale, Eau en bouteilles,
eau de source, eau minérale naturelles, Eau potable, Eau gazeuse, Eau du robinet”
publiés sur site : Wikipédia.org.

TABLES DES MATIERES

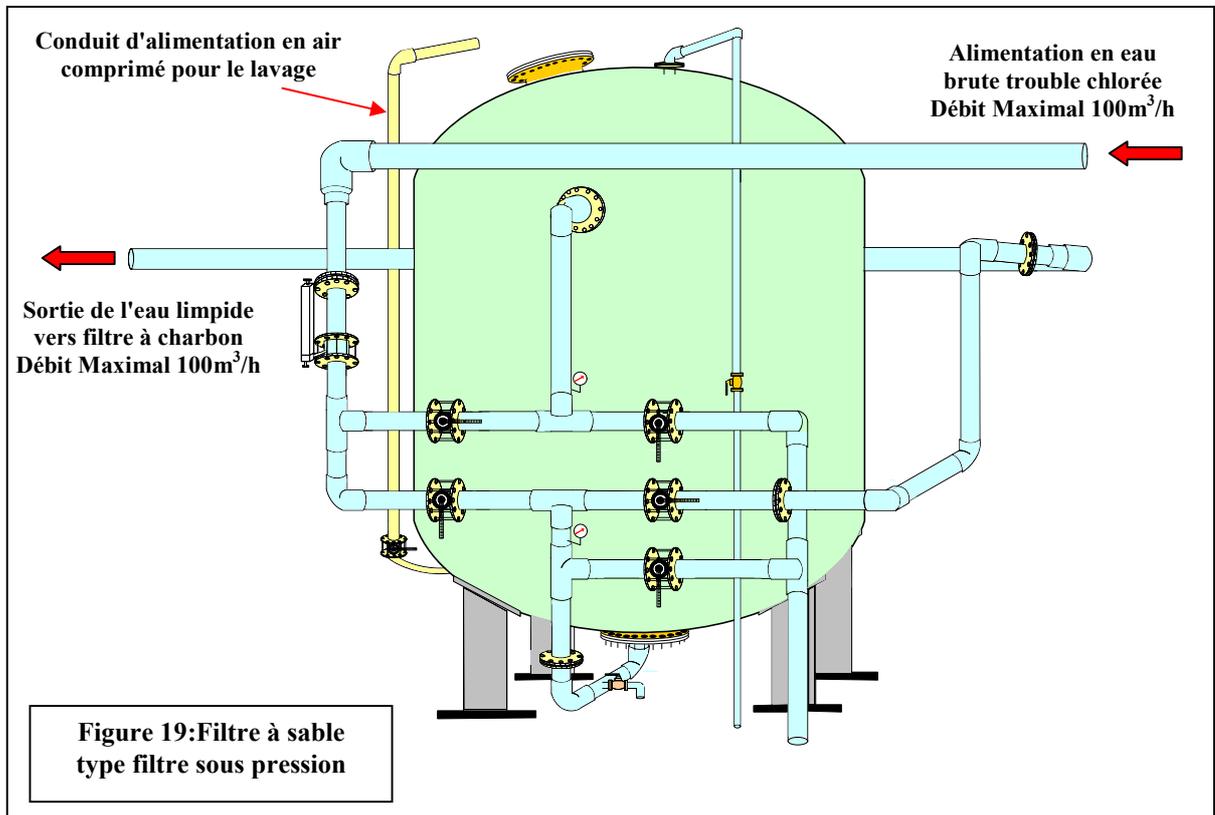
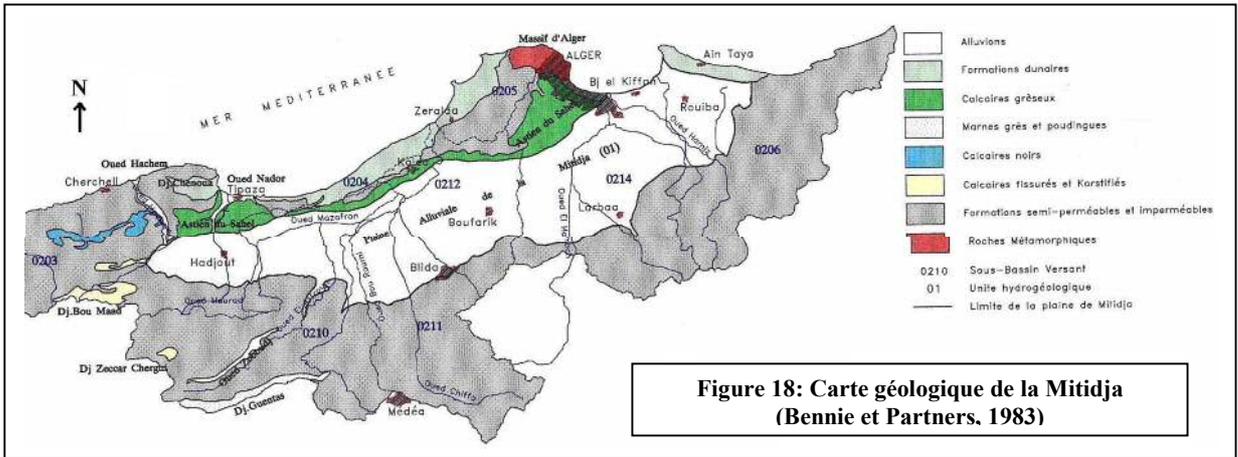
	Page
INTRODUCTION	01
PARTIE I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	03
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX	04
I.1. Les eaux de la nature	05
I.2. Les différents types des eaux brutes	05
I.3. Classification des eaux selon la salinité	06
I.4. Classification des eaux selon la dureté	07
I.5. La composition chimique d'une eau	07
I.5.1. Les matières minérales	07
I.5.2. Les matières organiques	08
I.6. Classification des eaux minérales selon la salinité	08
I.7. Classification des eaux minérales selon la composition chimique	08
I.8. Vocabulaire de l'eau	09
I.9. Caractéristiques organoleptiques d'une eau	10
I.10. Caractéristiques physico-chimiques d'une eau	10
I.10.1. Particules en suspension et colloïdes	10
I.10.2. Conductivité électrique	12
I.10.3. Température	12
I.10.4. Salinité (Minéraux dissous ou TDS)	12
I.10.5. pH	12
I.11. Caractéristiques chimiques d'une eau	12
I.11.1. Alcalinité (TA- TAC)	12
I.11.2. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)	14
I.11.3. Cations et Anions	15
I.12. Contrôle de la désinfection	15
CHAPITRE II : L'IMPORTANCE DE L'EAU	17
II.1. La composition de notre corps en eau et son rôle	18
II.2. L'équilibre essentiel de la balance hydrique	18
II.3. Les risques de la déshydratation	18
II.4. L'eau et nos reins	19
II.5. L'importance du pH	20
II.6. Les bienfaits des eaux minérales sur la santé	20
II.7. Les bienfaits de l'eau gazeuse	22
II.8. L'action digestive des eaux gazeuses bicarbonatées	22
II.9. Minéralité et santé	23
II.10. Le rôle des minéraux de l'eau minérale	23
II.10.1. Bicarbonates (HCO_3^-) et eau minérale	23
II.10.2. Calcium Ca^{2+} et eau minérale	23
II.10.3. Chlorures (Cl^-) et eau minérale	24
II.10.4. Fluorure et eau minérale	24
II.10.5. Magnésium Mg^{2+} et eau minérale	24
II.10.6. Nitrates NO_3^- et eau minérale	25
II.10.7. Potassium (K^+) et eau minérale	25
II.10.8. Sodium Na^+ et eau minérale	25
II.10.9. Sulfates (SO_4^{2-}) et eau minérale	26
II.11. Les risques sanitaires liés à une consommation d'eau de mauvaise qualité	26
II.11.1. Les maladies liées à l'eau	26
II.11.2. La toxicité de certains polluants chimiques	27
CHAPITRE III : LES EAUX EMBOUTEILLEES	28

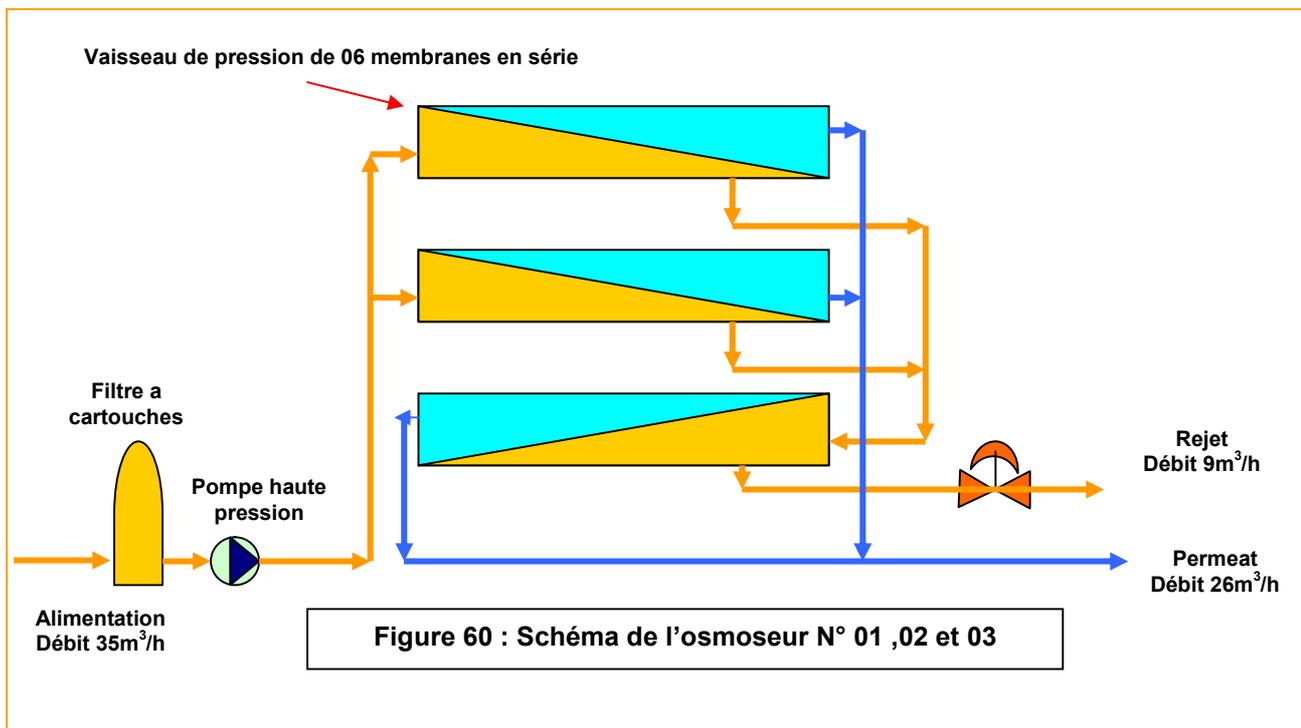
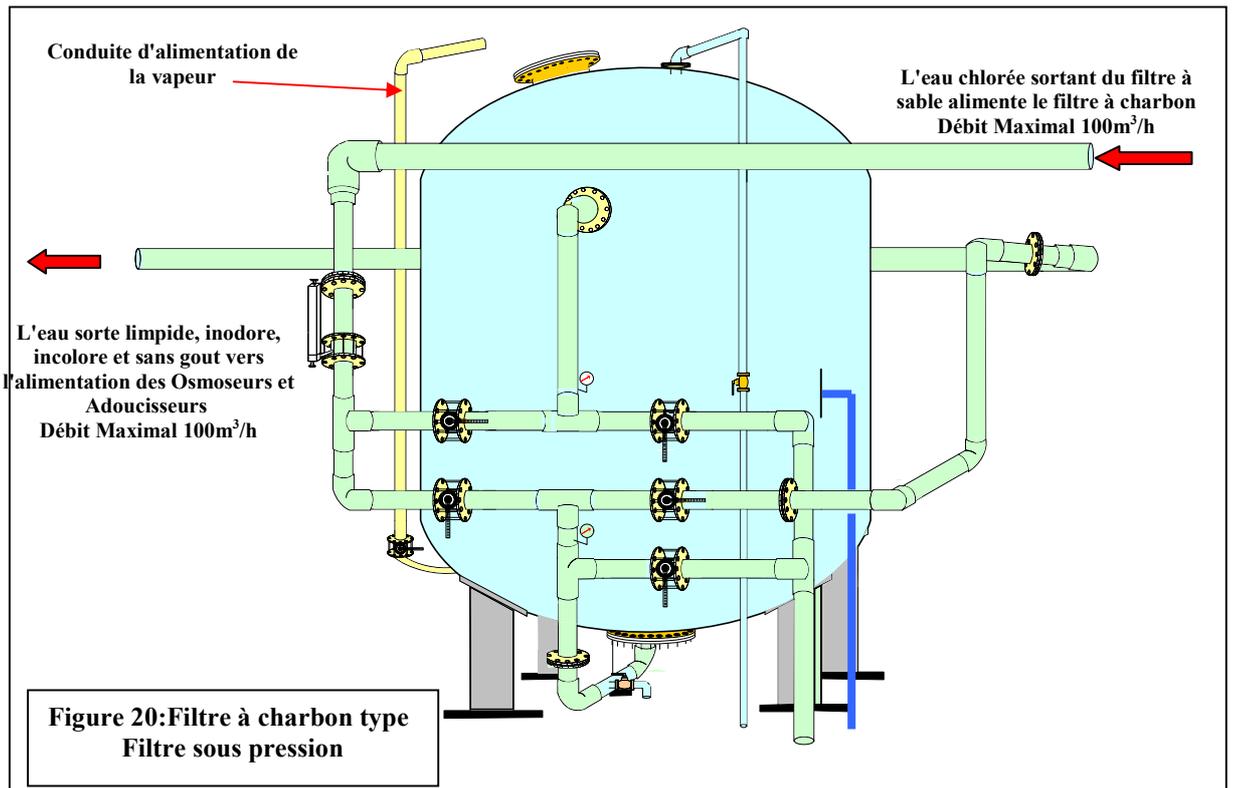
III.1.	Histoire de l'eau embouteillée a travers le monde	29
III.2.	Principaux types d'eaux conditionnées en bouteilles	29
III.2.1.	Définition d'une eau de Table (eau potable).....	30
III.2.2.	Définition des eaux de source.....	30
III.2.3.	Définition des eaux minérales (eaux minérales naturelle).....	30
III.2.4.	Définition des eaux gazeuses.....	31
III.2.5.	Quelques appellations et dénominations des eaux embouteillées utilisées	31
III.2.6	Composition minérale de quelque eaux en bouteille.....	32
III.3.	Statistiques et l'évolution du marché d'eau embouteillée dans le monde...	32
III.3.1.	La situation économique des eaux embouteillées dans l'Algérie.....	33
III.4.	Principaux traitements effectués sur les eaux dans l'industrie embouteillage...	33
III.4.1.	La Distillation.....	33
III.4.2.	La Déionisation.....	33
III.4.3.	Procèdes de séparation par membranes.....	34
III.4.3.1.	Mécanismes de transfert au travers des membranes.....	34
III.4.3.2	Membranes semi-perméables ou de filtration.....	34
III.5.	Description des principales étapes de traitement des eaux appliquées par "Fruital	35
III.5.1.	Captage d'eau souterraine	35
III.5.2.	Transport et stockage.....	36
III.5.3.	Décantation et désinfection.....	36
III.5.4.	Filtration à sable.....	36
III.5.5.	Filtration à charbon activé.....	36
III.5.6.	Adoucissement par filtre à résine	36
III.5.7.	Filtration à cartouches (10 à 100 microns).....	36
III.5.8.	Déminéralisation par osmose inverse.....	36
III.5.9.	Traitement finale Désinfection par Ultra-violet.....	37
III.6.	Description des différentes étapes appliquées dans les procédés d'embouteillage de l'usine "Fruital"	37
III.6.1.	La souffleuse (pour PET).....	37
III.6.2.	Le convoyage des bouteilles formées (pour PET).....	38
III.6.3.	La rinceuse.....	38
III.6.4.	Le mixeur.....	38
III.6.5.	La soutireuse.....	38
III.6.6.	La capsuleuse (Bouchonnage).....	38
III.6.7.	L'étiqueteuse.....	38
III.6.8.	Le codeur	38
III.6.9.	La fardeleuse.....	39
III.6.10.	Le palettiseur.....	39
III.6.11.	Le gerbage et le banderôlage.....	39
III.6.12.	Le dépalettiseur (pour Verre).....	39
III.6.13.	La décaisseuse (pour Verre).....	39
III.6.14.	L'encaisseuse (pour Verre).....	39
III.6.15.	La laveuse caisse (pour Verre).....	39
III.6.16.	La laveuse bouteilles (pour Verre).....	39
III.6.17.	L'inspectrice produit fini.....	39
III.6.18.	L'inspectrice bouteilles vides (pour Verre).....	39
III.6.19.	Le mirage (pour Verre).....	39
III.7.	Le principe des principaux lignes d'embouteillage de l'usine " Fruital"	40
	PARTIE II : EXPREMENTATION ET RESULTATS	43
	CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES	44

I.1.	Histoire de Fruital.....	45
I.2.	Description de l'unité de production Fruital Coca-Cola).....	45
I.3.	Description du site (Fruital Coca-Cola).....	46
I.4.	Méthode de captage	46
I.5.	Description de la source d'approvisionnement en eau	46
I.6.	Description de la station de traitement d'eau.....	47
I.7.	Description du procédé de traitement d'eau de "Fruital".....	48
I.8.	Les principales opérations de maintenance physico-chimiques appliquées par la station.....	48
I.9.	Description de l'état des besoins et la capacité en débit d'eau de la station de traitement des eaux.....	49
I.10.	Calcul des besoins en débit d'eau pour la reminéralisation	50
I.11.	Echantillonnage.....	50
I.12.	Conditions de prélèvements	51
I.13.	Techniques de prélèvement.....	51
I.14.	Matériels.....	51
I.15.	Méthodes d'analyse physico-chimique	51
I.15.1.	Mesure du PH de l'eau (Méthode potentiométriques).....	51
I.15.2.	Mesure de la Turbidité (Méthode par Néphélométrie).....	51
I.15.3.	Détermination de Conductivité et TDS par méthode potentiométriques	52
I.15.3.1.	Mesure de la conductivité (Méthode potentiométriques).....	52
I.15.3.2.	Mesure des sels dissous TDS (Méthode potentiométriques).....	52
I.15.4.	Mesure des Titres alcalimétriques TA et TAC (Méthode volumétrique par neutralisation acide/base).....	52
I.15.5.	Mesure de la Dureté (Méthode volumétrique par complexométrie).....	53
I.15.6.	Mesure de la teneur de chlore libre et chlore total de désinfection (Méthode colorimétrique).....	53
I.15.7.	Mesure du fer (Méthode colorimétrique).....	54
I.15.8.	Détermination des paramètres Chimiques (chlorure, phosphate, nitrite, nitrate et sulfate) Par photomètre PF-11.....	54
I.15.8.1.	Détermination de chlorure (Cl ⁻).....	55
I.15.8.2.	Détermination de Phosphate (PO ₄ ³⁻).....	55
I.15.8.3.	Détermination des Nitrites (NO ₂ ⁻).....	55
I.15.8.4.	Détermination des Nitrates (NO ₃ ⁻).....	56
I.15.8.5.	Détermination des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	56
I.16.	Méthode de détermination des conditions nécessaires d'amélioration de l'eau de process.....	57
I.16.1.	Etude de l'effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée.....	57
I.16.2.	Etude du choix du correcteur pH.....	57
I.16.3.	Etude de l'effet de la chaux	58
I.16.4.	Méthode de détermination de la concentration de correction pH du mélange.....	58
I.16.5.	Etude de l'influence de la masse.....	58
	CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....	59
II.1.	Analyse physico-chimiques.....	59
II.1.1.	Résultats et calcul des moyens et écarts types.....	59
II.1.2.	Vérification et contrôle des bulletins d'analyse externe	61
II.2.	Expérience de détermination des conditions nécessaires d'amélioration de l'eau de process.....	62
II.2.1.	Expérience de l'effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée.....	62
II.2.2.	Expérience du choix du correcteur pH.....	67

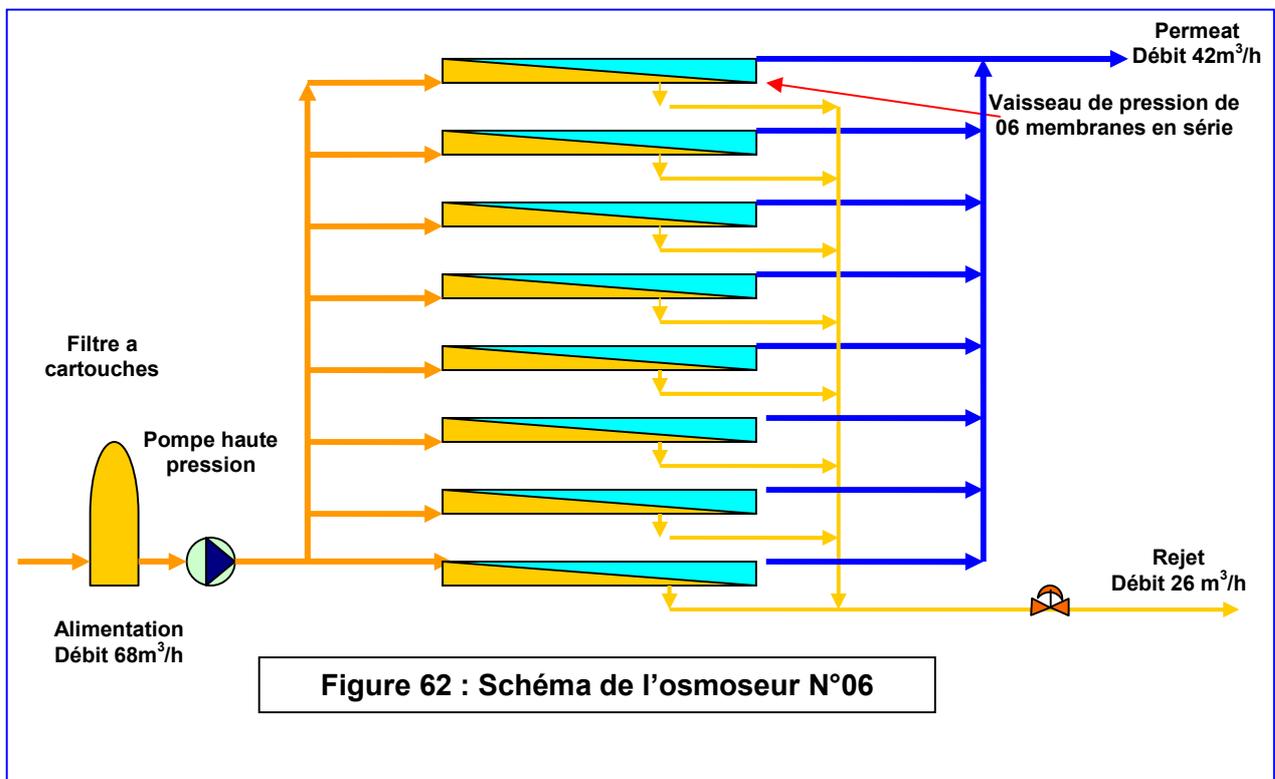
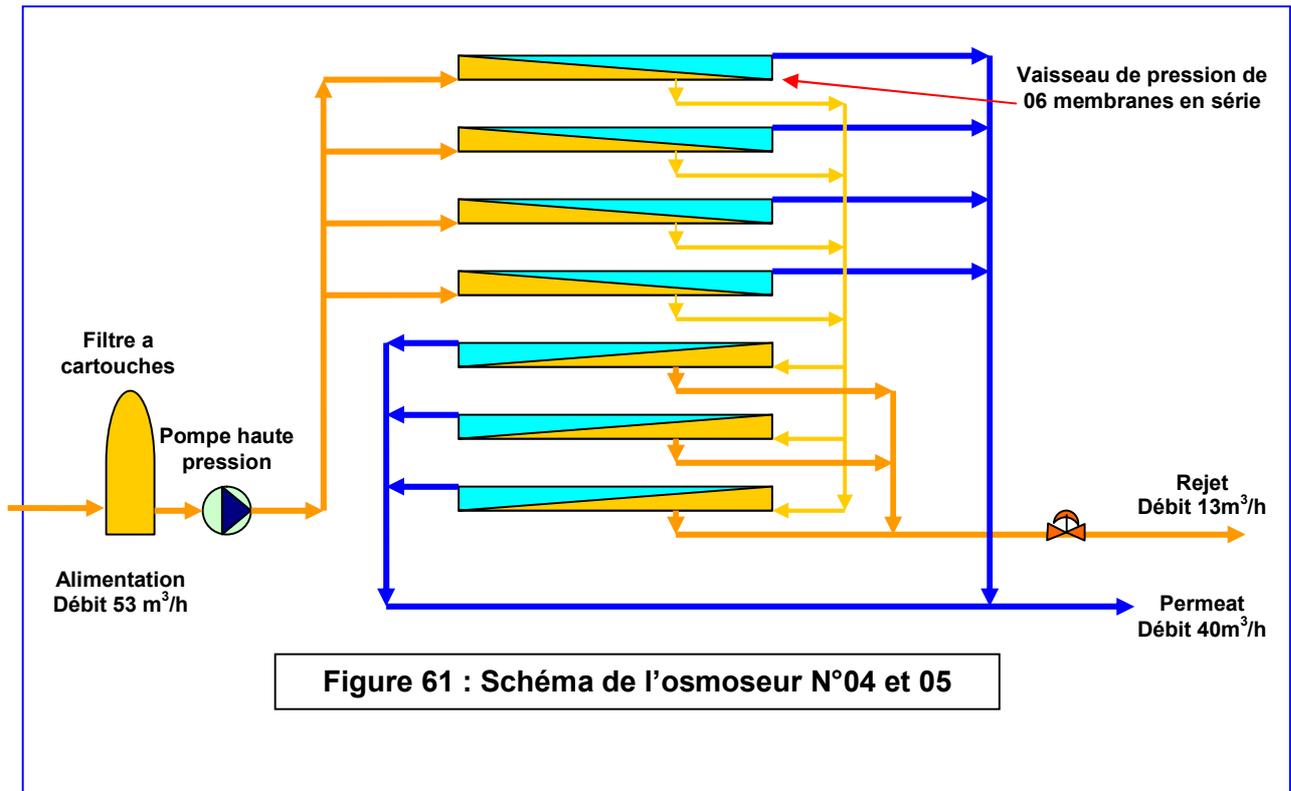
II.2.3.	Expérience de l'effet de la chaux	68
II.2.3.1.	Expérience de l'effet de la chaux sur une eau déminéralisée (eau Osmosée).....	68
II.2.3.2.	Expérience de l'effet de la chaux sur une eau minéralisée (eau Traitée)....	69
II.2.4.	Expérience de détermination de la concentration de correction pH du mélange.	70
II.2.5.	Expérience de l'influence de la masse.....	71
	CONCLUSION GENERALE	75
	Références bibliographiques	
	Tables de matières	
	Annexe	

ANNEXES





ANNEXE I



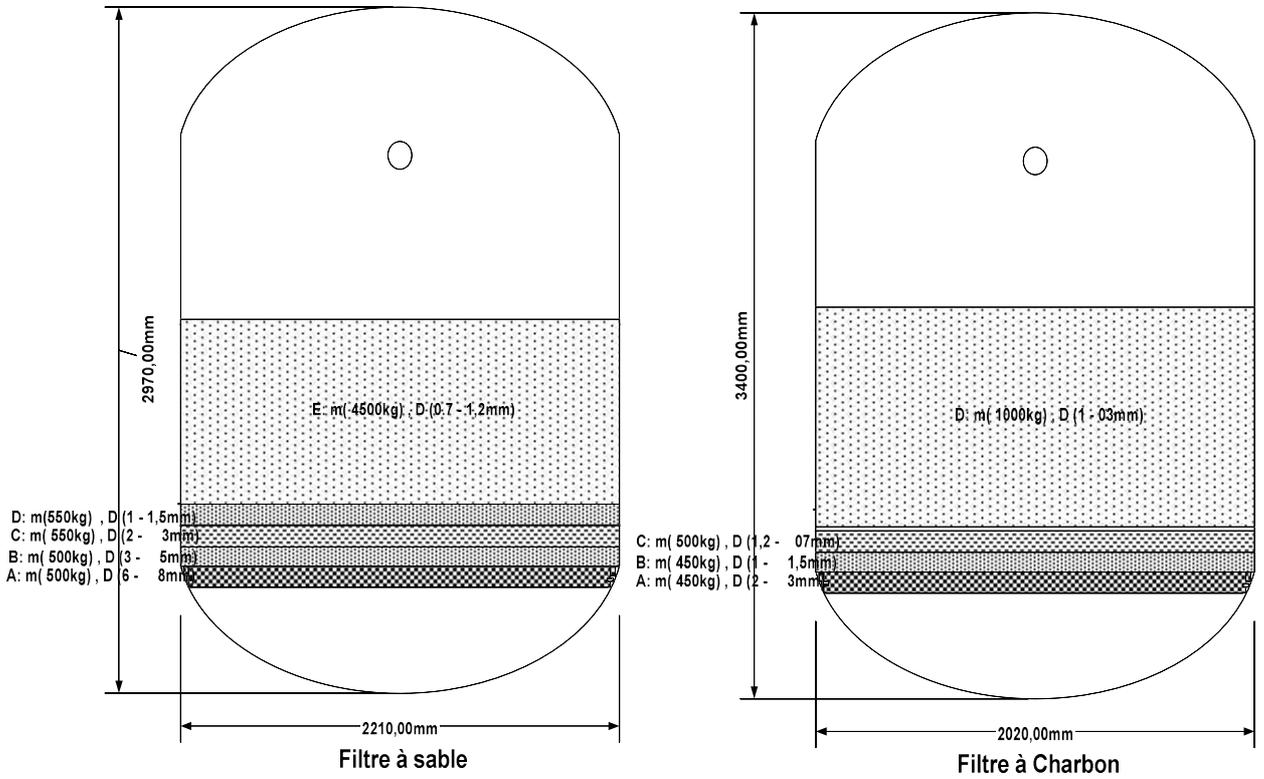
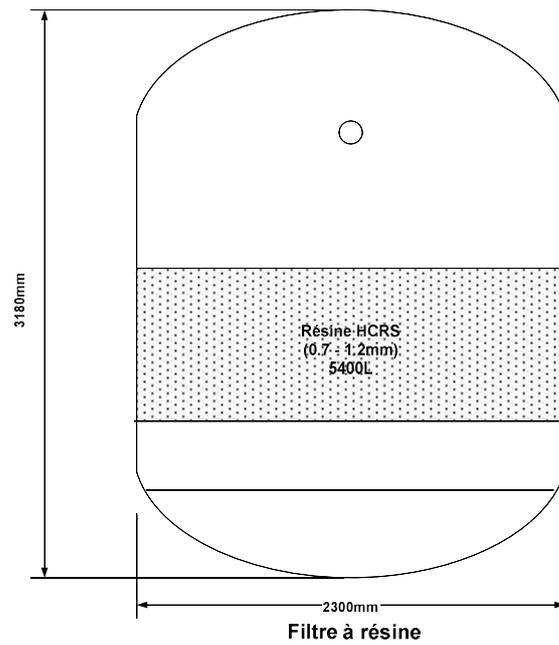
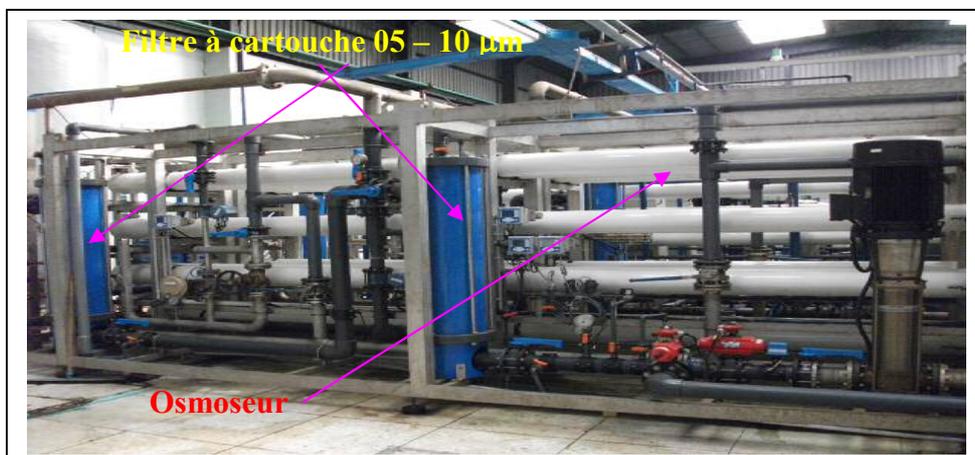


Figure 21: Granulométrie du filtre à sable, du filtre à charbon et du filtre à résine





Salle traitement des eaux



Osmoseur



Pompes d'envoi d'eau de process vers les lignes de production + filtres UV



Unité d'Adoucissement

Unité
d'adoucissement
Formée de deux
filtres
Adoucisseurs



Filtres à Charbon

Les Filtres à
Charbon actif



Filtres à Sable

Les Filtres à Sable

Annexe II

Tableau N° 04 : Composition minérale de quelques eaux en bouteille (source : ecosynthese, 2008-2009)

Marque	TDS	Ca	Mg	Na	SO4	NO3	HCO3	K	Cl	F	As	Pb	Cu	Zn	SiO2	pH	Source	
Normes																		
Canada	<500	-	-	<200	<500	10		-	<250	1,5	0,025	0,01	<1	<5	-	6,5-8,5		
France		-	-	<200	<250	50	-	-	<250	1,5	-	-	-	-	-	-	http://www.senat.fr/rap/102-215-1/102-215-149.html	
Eau Municipale																		
Montréal	172	32	7,99	12	25	0,3	82	1,47	22	0,09	0,001	0,001	0,003	0,001	1,03	7,68	USINES ATWATER ET CHARLES-J.-DES-BAILLETS	
Eau Municipale Traitée, Eau Purifiée																		
Aquafina	< 10									0,3							Eau municipale de Montréal (Québec) ou de Peel (Ontario), ou Vancouver	
Dasani	25-35	0,5	3,4	2,2	14	0	5	3,7	6,9	0	0	0	0	0			Eau municipale de Brampton, Ontario	
Pure Life US	66-92	11,0-14	2,5-4,2	7,5-12	9,2-16	0,054-0,44	16-27	0	18-25	0	0	0	0	0		6,15-7,7	USA: Eau municipale de source variée selon la région	
Eau Artésienne																		
Equa	3	0	0	0	0	0	0		0							5,9	Amazonie, Brésil	
Voss (still)	22	3,46	0,78		5					0,1							6,4	Norvège
Fiji	210	17	13	17			140		7							85	7,5	Yaqara, Viti Levu, Iles Fiji
Eau de Pluie																		
Tasmanian Rain	17	2	0,7	3				1,1									6,5	Eau de Pluie de Tasmanie
Eau de Source																		
Poland Spring	35-46	4,4-7,7	0,91-1,2	3,9-7,4	2,0-5,8	0,22-0,85	6,7-20	0,65-1	5,5-13	0,11-0,12	0	0	0	0			5,72-6,68	Plusieurs puits au Maine (Nestlé)
Eska	85	35	4,1	2,3	6,3	0,2	72	0,8	0,5	0,1	0	0	0	0	5,5	7,8	Esker, St-Mathieu d'Harricana, Qc	
Oasis	265	48,2	25,6	8,1	24,8	0	248,6	2,4	3,5	0,2	0	0	0	0				Source Mirabel, Argenteuil, Qc
Naya	267	48,5	25,8	8,7	24,6	0	250,1	2,4	4,6	0,2	0	0	0	0			7,8	Source Mirabel, Argenteuil, Qc
Labrador	220																	Source Piedmont, Qc
Kirkland (Costco)	331	82	23	14	19	1	229	1	25	0,2	0	0	0	0				Source Hillsburgh, Erin, Ontario (Nestlé)
Nestlé Pure Life CAN	520	98	32	36	79	0	260	3	79	0	0	0	0	0				Source Aberfoyle, Pushlinch (Guelph), Ontario (Nestlé)
Evian	309	80	26	6,5	10		360	1	6,8	0,12					15	7,2	Source Chachat, Evian, France	
Volvic	109-130	11,5	8	11,6	8,1	6,3	71	6	13,5	0,22					31,7	7	Volvic, Dept du Puy-de-Dôme, Auvergne, France	
Perrier	460	150	4,2	11	46	1,2	320	1,2	26	0,12	0	0	0	0			5,37	Vergèze, Dept du Gard, France
Perrier	475	149	7	11,5	42	5	420	1,4	23	0,12	0	0	0	0			5,37	Vergèze, Dept du Gard, France
Eau Minérale																		
Ty Nant	165	22	11,5	22	4	0,1		1	14	0,148							6,8	Source Cambrian Mountains of Wales, UK
San Benedetto	275	48,2	29,4	6,9	3,8	8,2	306	1	1,9	0,10	0,001	0,001	0,1	0,1				Scorzè, Italie
Contrex		486	84	9,1	1187	2,7	403	3,2	10	0,33								
Vittel	841	202	43	4,7	336	4,6	402	2	8	0,28								Vittel, Dept des Vosges, France
San Pellegrino	930	180	47	32	530	0,59	170	3	61	0,64	0	0	0	0		5,1	San Pellegrino, Italie	
Badoit	1200	190	85	165	38		1300	10	44	1,2					35	6	St-Galmier, Loire, France	
Courmayeur	2287	579	59	0,7	1447	2	180	1	0,4	1								Source au pied du Mont-Blanc, France
Vichy Célestins	3325-3350	103	10	1172	138		2989	66	235	0,50							6,8	Vichy, France
St-Yorre	4774	90	11	1708	174		4368	132	322	9							6,6	Vichy, Auvergne, France
Rozana		301	160	493	230	1	1837	52	649									Auvergne, France
Saint Antonin		528	78	9	1342	1	329	3	9	1,3								Source du Prince Noir, Gorges de l'Aveyron
Abénakis	14300	540	320	4300	750	0	400	50										St-Francois-du-Lac, près de Drummondville, Qc

ANNEXE II

Bulletins d'analyse N°- 01- forage 01



LABORATOIRE D'ASSISTANCE A LA QUALITE MAXI SANTE
 Autorisé par la décision du ministère du commerce N°335/2002 du 17/08/02
 Adresse : CITE BENZERGA, VILLA N° 61. BORDJ El Kiffan .
 GSM : 077059.57.93. 0050.49.57.43.0556237554.

RAPPORT D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N° d'inscription au laboratoire: 00845/11.

Nom du client : **FRUITAL COCA COLA.**

Adresse : Rouiba .Alger.

Dénomination du produit : Eau de Forage N°1.

N° du lot de fabrication : /

Date de prélèvement : 19 /09/11.

Date d'arriver au laboratoire : 19/09/11.

Date d'analyse : 19/09/11.

DETERMINATION	RESULTATS	METHODE	CONCLUSION
pH	7,30	NF90 008	C
Potassium (K+)	2,04mg/l	NF90 019	C
Sodium (Na+)	69,09mg/l	NF90 019	C
Calcium (Ca++)	112,22mg/l	NF90 016	C
Magnesium (Mg++)	24,30mg/l	NF90 005	C
Sulfate (SO4-)	117,70mg/l	NF90 009	C
Bicarbonate (HCO3-)	295,24mg/l	NF90 036	C
Carbonate (CO3-)	0 mg/l	NF90 036	C
Chlorures (CL-)	106,50mg/l	NF90 014	C
Cuivre	< 0,04* mg/l	NF90 112	/
Fer	<0,05 *mg/l	NF90 112	C
Chrome	<0,05mg/l	NF 90 112	/
Plomb	<0,1 *mg/l	NF90 112	/
Cadmium	<0,01* mg/l	NF90 112	/
Cobalt	<0,04* mg/l	NF90 112	/
Nickel	<0,06*mg/l	NF 90 112	/
Nitrate	22,30mg/l	NF90 012	C
Nitrite	<0,05* mg/l	J.Rodier	C
Ammonium	<0,01*mg/l	NF90 015	C

C :conforme.(*) :Limite de détection de la méthode.



Figure 34: Bulletin N°01: Eau de Forage 1

Bulletins d'analyse N°- 02- forage02



LABORATOIRE D'ASSISTANCE A LA QUALITE MAXI SANTE
 Autorisé par la décision du ministère du commerce N°335/2002 du 17/08/02
 Adresse : CITE BENZERGA, VILLA N° 61. BORDJ El Kiffan .
 GSM : 077059.57.93. / 0550.49.57.43 /0556 23 75 54.

RAPPORT D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N° d'inscription au laboratoire: 00846/11.

Nom du client : *frutal Coca Cola.*

Adresse : Rouiba .Alger.

Dénomination du produit : Eau de Forage N°2.

N° du lot de fabrication : /

Date de prélèvement : 19 /09/11.

Date d'arrivée au laboratoire : 19/09/11.

Date d'analyse : 19/09/11.

DETERMINATION	RESULTATS	METHODE	CONCLUSION
pH	7,29	NF90 008	C
Potassium (K+)	2,00mg/l	NF90 019	C
Sodium (Na+)	64,49mg/l	NF90 019	C
Calcium (Ca++)	104,20 mg/l	NF90 016	C
Magnesium (Mg++)	23,32 mg/l	NF90 005	C
Sulfate (SO4-)	139,72 mg/l	NF90 009	C
Bicarbonate (HCO3-)	312,32mg/l	NF90 036	C
Carbonate (CO3-)	0 mg/l	NF90 036	C
Chlorures (Cl-)	102,834 mg/l	NF90 014	C
Cuivre	< 0,04* mg/l	NF90 112	/
Fer	<0,05 *mg/l	NF90 112	C
Chrome	<0,05*mg/l	NF 90 112	/
Plomb	<0,1 *mg/l	NF90 112	/
Cadmium	<0,01* mg/l	NF90 112	/
Cobalt	<0,04* mg/l	NF90 112	/
Nickel	<0,06*mg/l	NF 90 112	/
Nitrate	24,03mg/l	NF90 012	C
Nitrite	<0,05* mg/l	J.Rodier	C
Ammonium	<0,01*mg/l	NF90 015	C

C :conforme ; (*) : Limite de détection de la méthode.



Figure 35: Bulletin N°02: Eau de Forage 2

Bulletins d'analyse N°- 03- eau Osmosée

المركز الوطني للتسيب والجلود

CNTC



١٤٣١ هـ / ذات راسمال مشترك :

Laboratoire Chimie

Boumerdes le: 10 / 01/99

N° 165 / 99

Bulletin d'analyse .

• Client <i>FRUITAL / Coca - Cola</i> Z I - ROUBA					
Date : 03/02/99			Code laboratoire N°: 22/99 .		
• Nature de l'échantillon : Eau Traitée <i>مياه معالجة</i> Lieu du prélèvement : <i>FRUITAL Coca-Cola</i>					
Mesures Physico-chimiques			Mesures chimiques / Pollutions		
Paramètres	Unité	Résultats	Paramètres	Unité	Résultats
pH		6.30	Ammonium	mg/l	0.00
Conductivité	µs/cm²	44	Nitrate	mg/l	2.06
Oxygène dissous	mg/l	4.1	Nitrite	mg/l	<0.05 **
Mat. Sèche	mg/l	76	Orthophosphate	mg/l	<0.05 **
Couleur		--	MES	mg/l	--
Mesures chimiques			Métaux lourds		
Paramètres	Unité	Résultats	Paramètres	Unité	Résultats
Potassium	mg/l	0.07	Plomb	mg/l	<0.1 *
Sodium	mg/l	5	Fer	mg/l	<0.05 **
Calcium	mg/l	5.01	Cadmium	mg/l	<0.03 *
Magnesium	mg/l	1.52			
DURETE	°F	1.0°F			
Chlorure	mg/l	17.75	Informations techniques		
Sulfate	mg/l	--	* Limite de détection de l'AAS		
Carbonate	mg/l	0	** Limite de détection de la méthode		
Bicarbonate	mg/l	12.2	OBSERVATION		
T.A	°F	0	→ EAU DE BONNE QUALITE.		
T.A.C	°F	1.0	PHYSICO-CHIMIQUE		

Signature



طريق السوق، ب.و 63 م بومرداس هاتف: (02) 81.96.66-81.15.66/67 تليكس: 68445 فاكس: 81.13.57

Figure 36: Bulletin N°03: Eau Osmosée

Bulletins d'analyse N°- 04- eau Osmosée

المركز الوطني للتسيج والجلود

CNTC

١٤٣١ ش ١ ذات رأسمال مشترك:

١٥ ٣٥١ ١١١٥٣١



DIRECTION DES LABORATOIRES
TEXTILES CUIRS et CHIMIE
Laboratoire Chimie

Boumerdès le, 22/05/2002

Bulletin d'Analyse

N° 466/2002

- Provenance : FRUITAL Rouiba
- Nature de l'échantillon : Eau Traitée *OSMOSÉE*
- Code laboratoire : 190/02 Date de Réception : 15/05/2002

Mesures Physico-chimiques				Mesures chimiques / Pollutions			
Paramètres	Unités	Normes	Résultats	Paramètres	Unités	Normes	Résultats
pH	-	6,5-8,5	6,26	Ammonium	mg/l	Max 0,5	< 0,05 *
Conductivité	us/cm	Max 2800	250	Nitrate	mg/l	Max 15	3,58
Résidu à 180°C	mg/l	Max 2000	376	Nitrite	mg/l	Max 0,1	< 0,05 *
Couleur	-	-	-	Orthoph.	mg/l	Max 0,5	< 0,05 *
Mesures chimiques				Métaux lourds			
Paramètres	Unités	Normes	Résultats	Paramètres	Unités	Normes	Résultats
Potassium	mg/l	- / 20	< 0,05 *	Plomb	mg/l	Max 0,1	< 0,1 **
Sodium	mg/l	- / 200	16,7	Fer	mg/l	Max 0,3	< 0,05 **
Calcium	mg/l	75 / 200	8,01	Cadmium	mg/l	Max 0,01	< 0,03 **
Magnésium	mg/l	- / 150	2,43	Informations techniques ** Limite de détection de l'abs. atomique * Limite de détection de la méthode Conc. dans les normes pour les analyses effectuées (*) Dureté donnée en mg/l de CaCO ₃ ⇒ Potabilité des eaux de Consommation NA 8360 - Norme Algérienne Homologuée			
Dureté CaCO ₃	mg/l	100 / 500	29,1 °				
Chlorure	mg/l	200 / 500	3,55				
Sulfate	mg/l	200 / 400	5,76				
Bicarbonate	mg/l	≥ 30	31,72				
Carbonate	mg/l	-	0				
T. A	° F	-	0				
T. A. C	° F	-	2,6				

Le Responsable : Laboratoire Chimie
A. CHABOUNI

طريق السوق ص ب 65 م بومرداس هاتف 021 15 66 167

Figure 37: Bulletin N°04: Eau Osmosée

Tableau N°25 : CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX DE SOURCE
Selon le décret exécutif n° 04-196 du 15 juillet 2004

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
1. - Caractéristiques organoleptiques :..		
Couleur	Mg/l de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt)	au maximum 25
Odeur (seuil de perception à 25 C)	-	au maximum 4
Saveur (seuil de perception à 25 C)	-	au maximum 4
Turbidité	Unité JACKSON	au minimum 2
2. - Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau		
PH	Unité PH	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20 C)	µ s/ cm	au maximum 2.800
Dureté	Mg/l de Ca CO3	100 à 500
Chlorures	Mg/l (Cl)	200 à 500
Sulfates	Mg/l (SO4)	200 à 400
Calcium	Mg/l (Ca)	75 à 200
Magnésium	Mg/l (Mg)	150
Sodium	Mg/l (Na)	200
Potassium	Mg/l (K)	20
Aluminium total	Mg/l	0,2
Oxydabilité au permanganate de potassium	Mg/l en oxygène	au maximum 3
Résidus secs après dessiccation à 180 C	mg/l	1.500 à 2.000
3. - Caractéristiques concernant les substances indésirables		
Nitrates	Mg/l de NO3	au maximum 50
Nitrites	Mg/l de NO2	au maximum 0,1
Ammonium	Mg/l de NH4	au maximum 0,5
Azote Kjeldahl	Mg/l en N (1)	au maximum 1
Fluor	Mg/l de F	0,2 à 2
Hydrogène sulfuré		Ne doit pas être décelable organoleptiquement
Fer	Mg/l (Fe)	au maximum 0,3
Manganèse	Mg/l (Mn)	au maximum 0,5
Cuivre	Mg/l (Cu)	au maximum 1,5
Zinc	Mg/l (Zn)	au maximum 5
Argent	Mg/l (Ag)	au maximum 0,05
4. - Caractéristiques concernant les substances toxiques		
Arsenic	Mg/l (As)	0,05
Cadmium	Mg/l (Cd)	0,01
Cyanure	Mg/l (Cn)	0,05
Chrome total	Mg/l (Cr)	0,05
Mercurure	Mg/l (Hg)	0,001
Plomb	Mg/l (Pb)	0,055
Sélénium	Mg/l (Se)	0,01
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A)		
* Pour le total des 6 substances suivantes	µ g/l	0,2
Fluoranthène, Benzo (3,4) fluoranthène Benzo (1,12) fluoranthène Benzo ((3,4) pyrène Benzo (1,12) pérylène indeno (1,2,3 . cd) pyrène		
* Benzo (3,4) pyrène	µ g/l	0,01
(1) N de NO3 et NO2 exclus.		

Tableau N°26 les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations selon le décret exécutif n°11-219 du 12 juin 2011

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	-	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	.
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
Paramètres chimiques	Ammonium	mg/L	4	0,5
	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	μg/l	100	10
	Cadmium	μg/l	5	5
	Chrome	μg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	μg/l	100	50
	Mercure	μg/l	10	6
	Plomb	μg/l	50	10
	Sélénium	μg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	μg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	μg/l	1000	10
	Phénols	μg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
	Azote Kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	μg/l	1	0,5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	-	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

ANNEXE III

Tableau N° 11: Analyse physico-chimique de l'eau brute

Prélèvement	pH	TDS (mg/L)	Conductivité (µs/cm)	TAC (mg/L)	TH (°F)	Turbidité (NTU)	T (°C)
1	7,12	516,00	1028,00	23,00	35,00	0,49	22,10
2	6,90	495,00	0990,00	20,80	37,00	0,38	22,00
3	7,16	501,00	1002,00	24,00	35,20	0,50	21,80
4	7,29	504,00	1010,00	24,40	31,00	0,43	22,00
5	7,25	472,00	0944,00	25,70	34,70	0,29	22,00
6	6,98	508,00	1018,00	25,50	34,20	0,37	22,00
7	7,03	517,00	1033,00	25,30	31,50	0,51	22,30
Moyenne	7,10	501,86	1003,57	24,10	34,09	0,42	22,03
Ecart type	0,14	015,33	0030,13	01,74	02,13	0,08	00,15

Tableau N° 12: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a sable)

Prélèvement	pH	TDS (mg/L)	Conductivité (µs/cm)	TAC (mg/L)	TH (°F)	Turbidité (NTU)	T (°C)
1	7,13	505,00	1006,00	23,10	33,80	0,17	22,00
2	7,12	508,00	1014,00	23,50	33,40	0,16	21,90
3	7,13	517,00	1033,00	27,20	32,30	0,17	21,70
4	6,98	508,00	1019,00	27,20	36,00	0,22	22,00
5	7,05	513,00	1026,00	27,00	35,20	0,16	22,00
6	7,00	520,00	1040,00	24,90	31,60	0,17	22,30
Moyenne	7,07	511,83	1023,00	25,48	33,72	0,18	21,98
Ecart type	0,07	005,85	0012,52	01,91	01,67	0,02	00,19

Tableau N° 13: Analyse physico-chimique de l'eau traitée (par filtre a charbon)

Prélèvement	pH	TDS (mg/L)	Conductivité (µs/cm)	TAC (°F)	TH (°F)	Turbidité (NTU)	T (°C)
1	6,94	484,00	0966,00	21,50	36,00	0,22	21,90
2	7,01	514,50	1031,50	24,50	33,20	0,18	22,20
3	7,04	539,00	1081,00	27,00	35,20	0,21	22,60
4	6,94	484,00	0966,00	21,50	36,00	0,16	21,90
5	6,89	516,00	1032,00	25,00	35,00	0,25	22,20
6	7,27	456,00	0915,00	23,00	34,40	0,17	22,60
7	7,13	504,00	1008,00	25,20	31,10	0,21	21,80
8	6,98	520,00	1040,00	24,70	36,80	0,12	22,40
9	7,17	517,00	1034,00	27,00	32,10	0,15	21,60
10	7,28	501,00	1005,00	26,00	35,00	0,14	22,00
Moyenne	7,07	503,55	1007,85	24,54	34,48	0,18	22,12
Ecart type	0,14	023,61	0047,54	01,99	01,82	0,04	00,34

Tableau N° 14: Analyse physico-chimique de l'eau osmosée (process)

Prélèvement	pH	TDS (mg/L)	Conductivité (µS/cm)	TAC (°F)	TH (°F)	Turbidité (NTU)	T (°C)
1	5,30	22,90	44,50	0,30	4,40	0,10	21,80
2	5,43	15,00	29,00	0,30	2,50	0,12	22,70
3	5,28	33,00	58,80	0,30	0,40	0,10	22,60
4	4,99	22,15	44,50	0,30	4,80	0,08	22,00
5	4,97	12,05	24,50	0,40	4,50	0,14	22,20
6	5,30	21,80	43,80	0,40	0,80	0,09	22,30
7	5,26	16,30	33,00	0,20	0,40	0,08	22,00
8	5,25	14,30	29,30	0,30	1,10	0,10	22,30
9	5,64	34,80	69,80	0,30	0,70	0,08	21,80
10	4,67	15,30	32,30	0,40	4,00	0,11	22,00
Moyenne	5,21	20,76	40,95	0,32	2,36	0,10	22,17
Ecart type	0,27	07,85	14,42	0,06	1,88	0,02	00,31

Tableau N°15: Vérification et contrôle bulletin N°01 Analyse eau de Forage 01

Éléments	Concentration mg / L	Masse atomique g	Concentration	
			mEq / L	°F
Cations				
Ca ²⁺	112,22	40,00	05,61	28,05
Mg ²⁺	024,30	24,30	02,00	10,00
Na ⁺	069,09	23,00	03,00	15,02
K ⁺	002,04	39,10	00,05	00,26
Somme des cations			10,67	53,34
Anions				
HCO ₃ ⁻	295,24	61,00	04,84	24,20
Cl ⁻	106,50	35,50	03,00	15,00
SO ₄ ⁻⁻	117,70	96,00	02,45	12,26
NO ₃ ⁻	022,30	62,00	00,36	01,80
Somme des anions			10,65	53,26

Tableau N°16: Vérification et contrôle bulletin N°02 Analyse eau de Forage 02

Éléments	Concentration mg / L	Masse atomique g	Concentration	
			mEq / L	°F
Cations				
Ca ²⁺	104,20	40,00	05,21	26,05
Mg ²⁺	024,32	24,30	02,00	10,01
Na ⁺	064,49	23,00	02,80	14,02
K ⁺	002,00	39,10	00,05	00,26
Somme des cations			10,07	50,33
Anions				
HCO ₃ ⁻	312,320	61,00	05,12	25,60
Cl ⁻	102,834	35,50	02,90	14,48
SO ₄ ⁻	139,720	96,00	02,91	14,55
NO ₃ ⁻	024,030	62,00	00,39	01,94
Somme des anions			11,32	56,58

Tableau N°17: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 01)

N°	V(mL) E-Traitée	V(mL) Permeat	V _{ET} /V _T (%)	V _T /V _P	Condu µs/cm	TDS (ppm)	pH	TH (°F)	TAC (°F)
1	0000	1000	000	0,00	015,66	007,84	4,48	00,50	00,30
2	0020	0980	002	0,02	043,20	021,70	5,66	01,70	00,70
3	0030	0970	003	0,03	055,00	027,50	5,68	02,40	01,50
4	0040	0960	004	0,04	071,80	036,20	5,70	03,50	01,50
5	0050	0950	005	0,05	084,20	042,20	5,76	03,30	01,30
6	0060	0940	006	0,06	086,60	043,30	5,85	03,60	01,70
7	0070	0930	007	0,08	102,00	051,00	5,96	04,00	02,20
8	0080	0920	008	0,09	103,20	051,40	6,01	04,50	02,20
9	0090	0910	009	0,10	128,50	064,40	6,02	05,10	02,40
10	0100	0900	010	0,11	156,70	078,80	6,05	05,40	02,40
11	0200	0800	020	0,25	239,00	118,00	6,27	08,50	03,60
12	0300	0700	030	0,43	347,00	174,00	6,46	12,20	07,30
13	0400	0600	040	0,67	447,00	224,00	6,77	13,50	09,20
14	0500	0500	050	1,00	533,00	266,00	6,65	15,50	10,00
15	0600	0400	060	1,50	625,00	312,00	6,77	22,20	12,60
16	0700	0300	070	2,33	717,00	358,00	6,83	25,80	17,00
17	0800	0200	080	4,00	795,00	398,00	6,86	28,40	18,00
18	0900	0100	090	9,00	871,00	434,00	6,90	34,50	20,00
19	1000	0000	100	/	981,00	490,00	6,90	36,20	24,00

Tableau N°18: Effet de la reminéralisation de l'eau osmosée par l'eau Traitée (expérience 02)

N°	V(mL) eau traitée	V(mL) eau purifiée	(%) V_{ET}/V_T	V_{ET}/V_p	Condu $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS (ppm)	pH	TH (°F)	TAC (°F)
1	0000	1000	000	0,00	031,60	015,90	5,43	01,20	00,50
2	0020	0980	002	0,02	051,90	025,40	5,98	/	/
3	0030	0970	003	0,03	073,50	036,90	5,95	/	/
4	0040	0960	004	0,04	073,90	036,60	5,93	/	/
5	0050	0950	005	0,05	084,00	042,10	5,97	03,90	01,40
6	0060	0940	006	0,06	095,70	047,60	6,14	/	/
7	0070	0930	007	0,08	105,40	052,90	6,18	/	/
8	0080	0920	008	0,09	117,30	058,40	6,14	/	/
9	0090	0910	009	0,10	128,50	064,40	6,18	/	/
10	0100	0900	010	0,11	140,70	070,20	6,22	04,30	02,40
11	0200	0800	020	0,25	242,00	123,00	6,48	/	/
12	0300	0700	030	0,43	357,00	178,00	6,66	/	/
13	0400	0600	040	0,67	447,00	224,00	6,77	/	/
14	0500	0500	050	1,00	553,00	275,00	6,88	18,20	12,50
15	0600	0400	060	1,50	647,00	324,00	6,97	/	/
16	0700	0300	070	2,33	754,00	375,00	7,03	/	/
17	0800	0200	080	4,00	841,00	421,00	7,09	27,20	20,10
18	0900	0100	090	9,00	945,00	470,00	7,14	/	/
19	1000	0000	100	/	1026,0	511,00	7,16	36,50	25,20

Tableau N°19: Effet de la chaux sur une eau déminéralisée (eau Osmosée)

masse (mg)	pH	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	TH (°F)	TAC (°F)
000	05,40	0029,00	015,00	02,50	00,30
050	10,03	0128,20	063,90	04,10	04,20
100	10,23	0184,45	092,35	05,50	05,80
200	10,78	0561,00	278,00	07,20	18,67
300	11,08	0940,00	472,00	16,20	21,20
400	11,18	1130,00	563,00	32,00	27,50
500	11,31	1466,00	734,00	33,00	43,30

Tableau N°20: Effet de la chaux sur une eau minéralisée (eau Traitée)

masse (mg)	pH	Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
000	7,02	1031,50	514,50
100	7,99	0996,00	497,00
200	8,17	0860,00	429,00
300	8,54	0794,00	397,00
400	9,22	0780,00	395,00
500	9,98	0747,00	373,00

Tableau N°21: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience 01)

masse (mg)	pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	TH (°F)	TAC (°F)	TA (°F)
00	6,01	110,00	55,00	4,10	25,00	00,00
10	7,66	152,20	75,80	6,00	49,50	00,00
20	9,63	164,60	81,30	8,70	53,00	20,00
30	9,33	144,20	71,85	8,05	45,00	02,45
40	9,49	073,50	36,60	4,60	30,00	01,50
50	9,88	173,30	86,10	8,00	/	03,20

Tableau N°22: Détermination de la concentration de correction du pH du mélange (expérience 02)

masse (mg)	pH	Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	TH (°F)	TAC (°F)	TA (°F)
000	06,28	126,00	063,30	11,00	1,80	0,00
010	08,63	126,30	063,30	12,80	3,60	0,60
020	08,95	140,30	070,10	16,30	4,00	1,80
030	09,26	153,00	076,00	15,60	4,30	2,00
040	09,49	160,40	079,90	19,70	4,50	2,60
050	09,40	159,00	079,20	23,20	4,70	2,30
100	10,08	230,00	115,00	25,60	7,40	4,70

Tableau N°23: Influence de la masse expérience N°01 (expérience 01)

N°	masse(mg) Ca(OH) ₂	V(mL) E-traitée	V(mL) E-permeat	VT(mL) mélange	V _{ET} /V _T (%)	V _{ET} /V _p	pH	Condu μs/cm	TDS (ppm)
1	0000	00000	001000	001000	0,00	0,00	6,14	117,30	058,40
2	0010	00080	000920	001000	8,00	0,09	7,07	139,20	069,50
3	0500	04000	046000	050000	8,00	0,09	6,53	111,20	055,70
4	1000	08000	092000	100000	8,00	0,09	6,65	130,00	065,10
5	1500	12000	138000	150000	8,00	0,09	6,73	151,20	075,50
6	2000	16000	184000	200000	8,00	0,09	7,08	170,40	085,00
7	3000	24000	276000	300000	8,00	0,09	7,02	181,00	090,40
8	4000	32000	368000	400000	8,00	0,09	7,05	191,80	095,80
9	5000	40000	460000	500000	8,00	0,09	7,20	214,00	108,00
moyenne							6,83	156,23	78,16
écart type							0,34	035,29	17,84

Tableau N°24: Influence de la masse expérience N°02 (expérience 02)

N°	masse(mg) Ca(OH) ₂	V(mL) E- traitée	V(mL) E-permeat	V _T (mL) mélange	V _{ET} /V _T (%)	V _{ET} /V _p	PH	Condu μs/cm	TDS (ppm)
1	0000	00000	001000	001000	0,00	0,00	6,05	122,70	61,50
2	0010	00080	000920	001000	8,00	0,09	6,71	137,10	68,40
3	0500	04000	046000	050000	8,00	0,09	6,85	118,50	59,40
4	1000	08000	092000	100000	8,00	0,09	6,66	126,10	63,10
5	1500	12000	138000	150000	8,00	0,09	6,78	157,30	78,40
moyenne							6,61	132,34	66,16
écart type							0,32	015,56	07,61

ANNEXE IV

Instruments du laboratoire

Figure 23: pH mètre, Denver Instrument



**Figure 25: Conductimètre; CyberScan
CON 110**



**Figure 24: Turbidimètre portatif HACH
2100 P**

Figure 26: mesure du chlore libre et total



Pastilles de DPD



Disques et comparateurs

Figure 27: Mesure du fer



Figure 28: Photomètre filter PF-11



Mesure du fer :
Comparateur de couleur +
disque de couleurs + les réactifs en ampoules



Mesure du chlore libre et chlore total :
Comparateur de couleur +
disque de couleurs + réactifs en pastilles



Mesure de :
Turbidité,
Conductivité + TDS,
pH

Matériel pour mesure :
TH (titre hydrométrique),
TAC (titre alcalimétrique
complet),
TA (titre alcalimétrique
simple)



Balance
électronique
pour mesure
de la masse





Photomètre PF11 et les réactifs



Agitateur magnétique

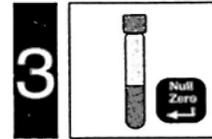
visocolor® ECO Chlorid
Chloride / Chlorure / Cloruro

Art.-Nr. 931 218

Method(e) / Método

- ECO CHLORID
- ECO CHLORIDE
- ECO CHLORURE
- ECO CLORURO

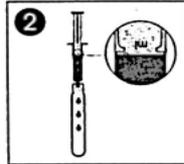
1 - 40 mg/l Cl⁻



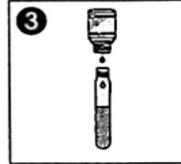
Filt. Probe / sample
 échantillon / muestra



1
 Küvetten spülen
 Rinse test tubes
 Rincer les éprouvettes
 Lavar los tubos



2
 5 ml Probe
 Sample
 Echantillon
 Muestra



3
 10 Ö Cl-1



4
 Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



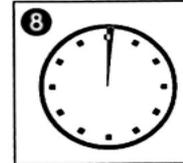
5
 10 Ö Cl-2



6
 Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



7
 Säubern
 Clean
 Nettoyer
 Limpiar



8
 1'00 min



9
 Messung
 Measurement
 Mesure
 Medición

Figure 29: Modalité d'analyse des chlorures

Meerwasser
 Sea water
 Eau de mer
 Agua de mar



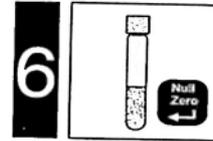
visocolor® Phosphat
Phosphate / Fosfato

Art.-Nr. 914 223

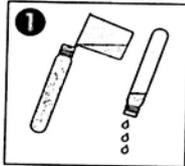
Method(e) / Método

V PHOSPHAT
 V PHOSPHATE
 V FOSFATO

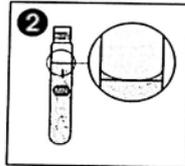
2 - 25 mg/l PO₄³⁻
 0.6 - 8.0 mg/l PO₄-P



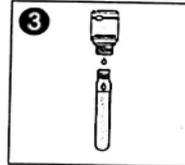
Filt. Probe / sample
 échantillon / muestra



Küvetten spülen
 Rinse test tubes
 Rincer les éprouvettes
 Lavar los tubos



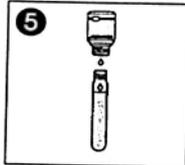
10 ml Probe
 Sample
 Echantillon
 Muestra



10 Ö Phosphat-1



Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



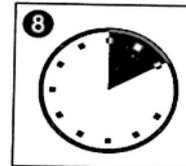
10 Ö Phosphat-2



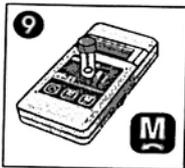
Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



Säubern
 Clean
 Nettoyer
 Limpiar



10'00 min



Messung
 Measurement
 Mesure
 Medición

Figure 30: Modalité d'analyse des phosphates

Meerwasser
 Sea water
 Eau de mer
 Agua de mar



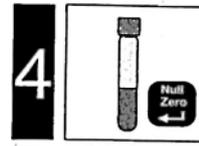
visocolor[®] ECO Nitrit
Nitrite / Nitrito

Art.-Nr. 931 244

Method(e) / Método

- ECO NITRIT
- ECO NITRITE
- ECO NITRITO

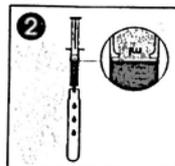
0.02 - 0.50 mg/l NO₂⁻
0.01 - 0.15 mg/l NO₂-N



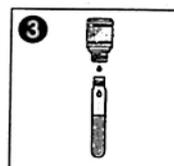
4 Fit. Probe / sample échantillon / muestra



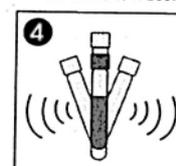
1 Küvetten spülen
Rinse test tubes
Rincer les éprouvettes
Lavar los tubos



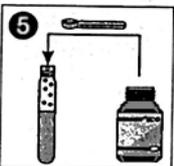
2 5 ml Probe
Sample
Echantillon
Muestra



3 4 δ NO₂-1



4 Schütteln
Shake
Agiter
Agitar



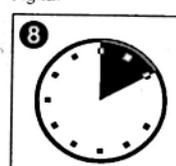
5 1 δ NO₂-2



6 Schütteln
Shake
Agiter
Agitar



7 Säubern
Clean
Nettoyer
Limpiar



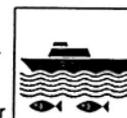
8 10'00 min



9 Messung
Measurement
Mesure
Medición

Figure 31: Modalité d'analyse des nitrites

Meerwasser
Sea water
Eau de mer
Agua de mar



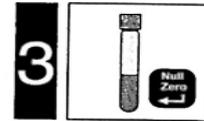
visocolor® ECO Nitrat
Nitrate / Nitrato

Art.-Nr. 931 241

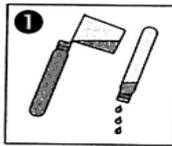
Method(e) / Método:

ECO NITRAT
ECO NITRATE
ECO NITRATO

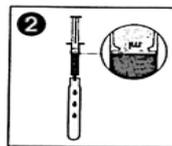
4 - 120 mg/l NO₃⁻
1 - 27 mg/l NO₃-N



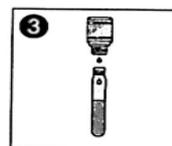
3 Filt. Probe / sample
échantillon / muestra



1 Küvetten spülen
Rinse test tubes
Rincer les éprouvettes
Lavar los tubos



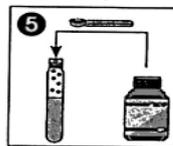
2 5 ml Probe
Sample
Echantillon
Muestra



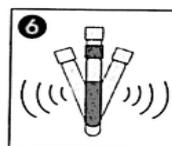
3 5 Ö NO₃-1



4 Schütteln
Shake
Agiter
Agitar



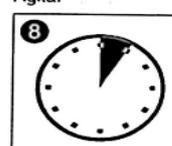
5 1 NO₃-2



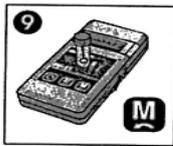
6 1 min Kräftig schütteln
Shake well
Bien agiter
Agitar intensamente



7 Säubern
Clean
Nettoyer
Limpiar



8 5'00 min



9 Messung
Measurement
Mesure
Medición

Figure 32: Modalité d'analyse des nitrates

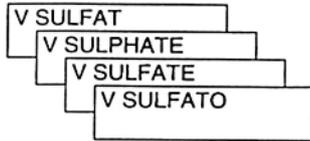
Meerwasser
Sea water
Eau de mer
Agua de mar



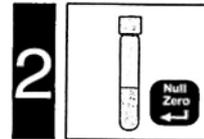
visocolor® Sulfat
Sulphate / Sulfate / Sulfato

Art.-Nr. 914 235

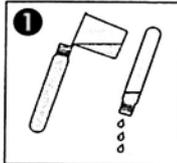
Method(e) / Método



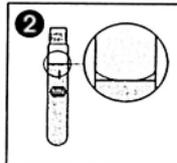
20 - 200 mg/l SO₄²⁻



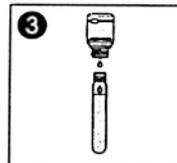
2
 Filtr. Probe / sample
 échantillon / muestra



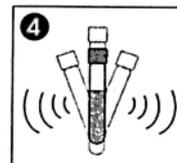
1
 Küvetten spülen
 Rinse test tubes
 Rincer les éprouvettes
 Lavar los tubos



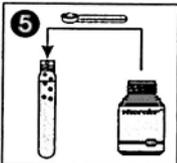
2
 10 ml Probe
 Sample
 Echantillon
 Muestra



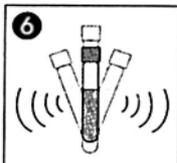
3
 10 Ö Sulfat-1



4
 Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



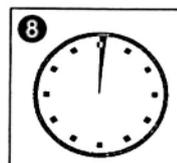
5
 1 Sulfat-2



6
 Schütteln
 Shake
 Agiter
 Agitar



7
 Säubern
 Clean
 Nettoyer
 Limpiar



8
 1'00 min



9
 Messung
 Measurement
 Mesure
 Medición

Figure 33: Modalité d'analyse des sulfates

Meerwasser
 Sea water
 Eau de mer
 Agua de mar

